Lh7.26

R34415

EINLEITUNG

IN DIE

TECHNISCHE MIKROSKOPIE

NEBST MIKROSKOPISCH-TECHNISCHEN

UNTERSUCHUNGEN.

FÜR TECHNIKER, CHEMIKER,

UND

ZUM GEBRAUCHE AN POLYTECHNISCHEN SCHULEN.

VON

Dr. JULIUS WIESNER

DOCENT AM K. K. POLYTECHNISCHEN INSTITUTE IN WIEN ETC.

MIT 142 HOLZSCHNITTEN.

WIEN, 1867.

WILHELM BRAUMÜLLER

K. K. HOF- UND UNIVERSITÄTSBUCHHÄNDLER.

VORWORT.

Der Zweck des vorliegenden Buches und die Aufgabe der technischen Mikroskopie sind so enge mit einander verbunden, dass in getrennten Schilderungen kaum Wiederholungen zu vermeiden gewesen wären. Ich habe es deshalb unterlassen den Zweck des Buches im Vorworte zu beleuchten, und verweise in Betreff dieses Gegenstandes auf das erste der folgenden Capitel, in welchem ich mich ausführlich über die Aufgabe der technischen Mikroskopie ausgesprochen habe.

Das vorliegende Buch zerfällt in zwei Theile. Der erste: „Einleitung in die technische Mikroskopie“ enthält die wissenschaftliche Grundlage für die Lösung einschlägiger Fragen; der zweite Theil enthält einige specielle mikroskopisch-technische Untersuchungen als Belege für die Anwendung der in der „Einleitung“ vorgetragenen wissenschaftlichen Untersuchungsmethode. —

Die Manigfaltigkeit des Stoffes gebot die strengste Einfachheit in der Darstellung. Literarische Hinweise, Historisches, Kritisches und Notizen über mikroskopische

Präparation brachte ich deshalb überall dort, wo das Erscheinen im Texte nicht unmittelbar nothwendig war, in die Form der Anmerkung.

Die Darlegung der einzelnen anatomischen und histologischen Sätze wurde beinahe durchwegs an technischen Objecten versucht, so dass das Studium der „Einleitung" den Techniker nicht nur die Methode der Untersuchung lehrt, sondern ihn gleichzeitig auch mit den wichtigsten mikroskopisch-technischen Objecten bekannt macht.

Die ersten acht Illustrationen sind Harting's vortrefflichem, im Buche mehrfach citirtem Werke entnommen. Bei den wenigen Illustrationen, welche nicht von meiner Hand herrühren, wurde die Quelle, welche ich benützte, in der Figurenerklärung bemerkbar gemacht.

Wien, im September 1866.

Julius Wiesner.

INHALT.

Einleitung in die technische Mikroskopie.

Seite

Die Aufgabe und der heutige Stand der technischen Mikroskopie . 3

Erster Abschnitt. Das Mikroskop und die mikroskopische Beobachtung 15

Zweiter Abschnitt. Die Zelle im Allgemeinen 39

Dritter Abschnitt. Die Pflanzenzelle 46

I. Der Bau der Pflanzenzelle 46

II. Die Stoffe der Zellwand 58

III. Die Stoffe des Zellinhaltes 66

Vierter Abschnitt. Die Pflanzengewebe 86

Uebersicht der Pflanzengewebe 86

I. Das Parenchymgewebe 90

II. Oberhautgewebe 92

III. Das Gewebe des Cambiums und dessen Abkömmlinge . . . 101

IV. Das Korkgewebe 119

V. Das Gewebe der Pilze, Flechten und Algen 120

Fünfter Abschnitt. Die Anordnung der Gewebe im Pflanzenkörper mit besonderer Rücksicht auf den Bau des Holzes 123

I. Der Bau des Blattes, des Stammes und der Wurzel 123

II. Der Bau des Holzes 127

III. Mikroskopische Erkennung der Hölzer 131

Sechster Abschnitt. Die Zellbildung mit Rücksicht auf Hefe und deren Abstammung und deren Entwicklung bei der geistigen Gährung 151

I. Die Zellbildung 151

II. Die Zellbildung im Pflanzenreiche 152

III. Die Entwicklung der Hefe 156

Siebenter Abschnitt. Die thierischen Gewebe 166

I. Oberhautgewebe 167

II. Knorpelgewebe 175

III. Elastisches Gewebe und Bindegewebe 175

IV. Knochengewebe und Zahnbein 178

V. Muskelgewebe 181

Seite

Anhang 183
1. Haut. 183
2. Seide 185
Achter Abschnitt. Die mikroskopische Untersuchung unorganisirter Substanzen 188

Mikroskopisch-technische Untersuchungen.

Erste Abhandlung. Die Untersuchung der Stärke und des Mehls . . 201
I. Erkennung der Stärkekörner 202
II. Untersuchung der Stärke 212
III. Untersuchung von Sago 213
IV. Untersuchung des Mehls 214
Zweite Abhandlung. Die mikroskopische Untersuchung des Papiers . 218
I. Untersuchung der Faser. 219
II. Prüfung der Leimung, der Füllstoffe und der Färbungsmittel 231
Anhang 234
1. Untersuchung der chinesischen Papiere 234
2. Die mikroskopischen Kennzeichen des Papyrus der Alten . . 237
3. Untersuchung der dunkeln Punkte und Flecken des Papiers . 239
Dritte Abhandlung. Die Anwendung des Mikroskops in der Zuckerfabrication 240
I. Der anatomische Bau der Runkelrübe und die Stofflagerung in den Zellen und Geweben derselben 241
II. Der anatomische Bau des Zuckerrohrs und die Stofflagerung in den Zellen und Geweben desselben 251
III. Kritik der Saftgewinnungsmethoden 258

EINLEITUNG

IN DIE

TECHNISCHE MIKROSKOPIE.

Die Aufgabe und der heutige Stand der technischen Mikroskopie.

Der Nutzen, den das Mikroskop bis jetzt schon der Theorie und Praxis geleistet, ist so offenkundig, dass man dieses Instrument zu den wichtigsten Mitteln der Forschung rechnet.

Der Entwicklungsgang, welchen die Naturgeschichte der Organismen genommen, liefert den Beweis, dass erst die mikroskopische Beobachtung die richtige Methode zur Erforschung der Verwandtschaftsverhältnisse im Pflanzen- und Thierreiche gegeben hat: ist ja doch die Entwicklungsgeschichte, welche fast ausschliesslich auf mikroskopischer Beobachtung ruht, der Naturgeschichte beste Führerin geworden. Die Anatomie der Organismen begnügt sich heute nicht mehr mit dem unbewaffneten Auge; und welche Umgestaltungen und Aufklärungen erhielt diese Wissenschaft, nachdem das Mikroskop auf den Arbeitstisch der Anatomen gekommen. Eine neue, für die Physiologie höchst wichtige Wissenschaft, die Histologie (Gewebelehre) oder wie man sie auch wegen der Feinheit ihrer Objecte und ihrer stets mikroskopischen Arbeit nannte, die feine Anatomie, ist diesem Instrumente zu danken. Welchen Umschwung erfuhr die Physiologie, seitdem sie, dieses Instrumentes sich bedienend, die Veränderungen im Organismus dort sucht, wo sie wirklich statthaben, in den Elementarorganen. Wer sie vor Schwann und Schleiden kennen lernte und ihre Fortschritte bis auf den heutigen Tag ausser Acht gelassen, er würde sie heute nicht mehr erkennen.

Die Leistungen des Mikroskopes auf den Gebieten der Medicin, Pharmacie und Landwirthschaft eröffnen uns eine grosse Reihe practischer, in verhältnissmässig kurzer Zeit

errungener Erfolge. Der Werth des Mikroskopes in der Hand des auf dem heutigen Standpunkte der Wissenschaft stehenden Arztes ist hinlänglich bekannt. In Betreff der Landwirthschaft will ich nur die eine Thatsache constatiren, dass die verderbenbringenden Krankheiten der Culturgewächse (z. B. die Kartoffelkrankheit) in ihren wahren Ursachen erst durch die mikroskopische Forschung erkannt worden sind. Aber was den Einfluss dieser Art der Beobachtung auf die Hebung der pharmaceutischen Waarenkunde betrifft, so muss ich hierbei einen Augenblick verweilen, weil mir gerade dieser Wissenszweig mit der technischen Mikroskopie nahe verwandt scheint, und seine Geschichte uns belehrt, wie rasch derselbe nach Einführung einer wissenschaftlichen Untersuchungsmethode sich entwickelte, während man in einer grossen Gruppe technischer Fächer den Vortheil der mikroskopischen Beobachtung ausser Acht liess und deshalb nur in einer, dem heutigen Gange der Wissenschaft keineswegs proportionalen Weise vorwärts schritt.

Bis zur Mitte der Vierzigerjahre arbeitete man in der Pharmakognosie in einer Weise, als hätte man noch keinerlei Vorstellung von dem feineren Baue der dem Pflanzenreiche entnommenen Droguen, und als gäbe es keinerlei andere Erkennungsmittel über Echtheit oder Verfälschung der Waaren, als die alten, oft höchst trügerischen, mit freiem Auge, im strengsten Falle mit Zuhilfenahme einiger chemischer Reagentien auszuführenden Untersuchungen. Da erschien im Jahre 1847 Schleiden's Arbeit über die Sassaparille. Es war dies die erste Anwendung des Mikroskopes in der Pharmakognosie. Diese gründliche Untersuchung inaugurirte eine neue Epoche in der Pharmakognosie, indem sie die anatomische Methode in diese Wissenschaft einführte, welche in ihrer Anwendung auf die Untersuchung der Pflanzenwaaren allein zu sicheren Resultaten führen konnte. Bald nach Schleiden's Arbeit erschienen die bedeutungsvollen Werke von Oudemans [1]) und Berg, [2]) hierauf die gründlichen Unter-

---

[1]) *Antekeningen op het sistematisch en pharm. gedeelte ect.* Rotterdam 1856,

[2]) Pharmaceut. Waarenkunde. Berlin 1852. 1. Auflage. Atlas zur ph. W. Berlin 1864.

suchungen von Wigand, Weddel, Howard, A. Vogl u. A. Die consequente Anwendung der anatomischen Methode in den Arbeiten der Genannten hat die Pharmakognosie in kurzer Zeit auf wissenschaftliche Basis gestellt, in Folge dessen heute eine Prüfung der pharmaceutischen Waaren zu unumstösslichen Resultaten führt.

So wichtig wie für die practische Medicin, für Landwirthschaft und Pharmacie, ebenso wichtig ist das Mikroskop für jene Zweige der mechanischen und chemischen Technologie, welche, wie die drei genannten Fächer, organisirte Objecte zum Gegenstande haben. Ich will im Nachfolgenden versuchen, die Aufgabe zu schildern, welche der mikroskopischen Untersuchung in Bezug auf die Lösung technischer Fragen zufällt.

Man hat in der technischen Mikroskopie zwei streng von einander verschiedene Aufgaben vor sich. Die einen gehören in den Bereich des Analytikers, die zweiten in den des Fabrikstechnikers.

An den technischen Chemiker, der sich die chemische Analyse zur Aufgabe gestellt, werden die verschiedenartigsten Anforderungen gestellt. Den meisten entspricht er allerdings durch Anwendung der gewöhnlichen chemischen Analyse. Aber damit kann er nicht immer zu Ende kommen. An ihn wendet man sich auch bei der Untersuchung von Stärke, Mehl, Geweben, Papier, er soll Auskunft geben über die Art eines Holzes, einer Sorte von Gummi oder Traganth, kurz um über eine Menge von Nahrungsmitteln oder gewerblichen Waaren, welche dem Pflanzen- oder Thierreiche entstammen. Fragen ähnlicher Art lassen sich aber nur auf dem Wege mikroskopischer Untersuchung entscheiden. Es wird wohl nur sehr wenige technische Chemiker geben, welche den genannten Anforderungen genügen, meist wird der Auskunftbegehrende an den Botaniker oder Physiologen gewiesen, diese aber, in der Regel blos der reinen Wissenschaft angehörig, weisen häufig aus Mangel an den nöthigen technischen Detailkenntnissen, oder an Interesse die Frage zurück. Es existirt eben eine Lücke in dem Wissen derer, welche man in solchen Fragen für competent hält. Competent sollte aber in Bezug auf gewerbliche Waaren der technische

Chemiker sein. An ihn tritt mithin, will er den Anforderungen seines Faches dem heutigen Standpunkte der Wissenschaft gemäss entsprechen, die Aufgabe heran, sich auch mit der Methode der mikroskopischen Analyse vertraut zu machen.

Der Techniker, welcher eine Fabrik zu leiten, oder doch wenigstens die in derselben vorkommenden chemischen Arbeiten zu besorgen hat, wird mit den gewöhnlichen chemisch-technischen Proben nur so lange ausreichen, als er mit unorganisirter Materie zu thun hat. Steht er organisirten Körpern gegenüber, dann kann er sich mit den groben chemischen Methoden lange nicht zufrieden geben. Wie der Physiologe die Grenzen durchbricht, welche die natürliche Anlage des Gesichtssinnes seinem Drange nach der Erforschung des Pflanzen- und Thierlebens entgegensetzt; so soll auch der Techniker sich mit dem unbewaffneten Auge nicht zufriedengeben. Dort, wo voraussichtlich das Mikroskop zu neuen Beobachtungen führt, dort soll es angewendet werden, indem mit der Vermehrung des richtig Gesehenen sich nothwendigerweise unser Gesichtskreis erweitern, unser Urtheil sich schärfen muss. Das Studium der Fabricationsprocesse muss mithin auch zum Gegenstande mikroskopischer Forschung gemacht werden.

Es ist leicht einzusehen, dass nicht alle mechanischen und chemischen Fabricationsprocesse eine mikroskopische Erforschung zulassen, und man kann geradezu sagen, dass die Zahl derselben verhältnissmässig klein sein wird. Die wichtigsten sind: Zuckerfabrication, Bierbrauerei, Weinbereitung, Brandweinbrennerei, Hefebereitung, Leder- und Papierfabrication, Holzimprägnirung und Färberei. Diese Industrieen haben es durchwegs mit organisirten Objecten zu thun, deren Stofflagerung und Bau, und, wenn man die Hefe im Auge hat, deren Entwicklung nur durch das Mikroskop zu erforschen sind. Von diesen Industrieen kann man behaupten, dass sie von der Einführung des Mikroskopes wesentliche Dienste zu erwarten haben.

Einige Beispiele dürften dazu beitragen, die anzustrebenden Zwecke genauer zu kennzeichnen. — In der Zuckerfabrication hat man sich bis jetzt wenig um den anatomischen Bau

der Runkelrübe gekümmert; man begnügte sich mit Massenanalysen der Rübe und legte kein Gewicht auf die Frage, wie sind die einzelnen Stoffe in der Rübe vertheilt, wo liegt in den Zellen das Eiweis, der Zucker, die Peetose u. s. w., und doch ist die Beantwortung dieser Fragen von hoher practiseher Wichtigkeit. Durch die auf mikroskopischem Wege erreichbare Kenntniss der Stofflagerung in der Rübe kann man sich erst ein Urtheil bilden über die Vorgänge, welche beim Reiben, Pressen und bei der Maceration der Gewebe eintreten. Eines der folgenden Capitel des Buches wird zeigen, dass die mikroskopische und mikrochemische Untersuchung der Rübe und des Rohres die wichtigsten Handhaben zur Kritik der Saftgewinnungsmethoden liefern. — Der Process der geistigen Gährung beruht bekanntlich auf dem Entwicklungsprocesse eines vegetabilischen Organismus (Hefe). Dieser letztere ist aber nicht nur verschiedener Abstammung, sondern kann je nach seinen Vegetationsbedingungen eine Menge versehiedenartiger Entwickelungserscheinungen, die sowohl hemmend als begünstigend auf die Spaltung des Zuckers in Alkohol und Kohlensäure wirken können, hervorrufen. Was uns die chemische Analyse nie zeigen kann, lehrt hier das Mikroskop. Die in neuester Zeit unternommenen Untersuchungen über die Entwicklungsformen der Hefe haben bereits zu Resultaten geführt, welche richtig aufgefasst, unmittelbar zur Lösung practischer Fragen dienen können.

Die Frage über Werth und Wesen der Holzconservirung erwartet ihre Lösung von der Histologie. Das Holz ist keineswegs eine homogene Substanz, sondern ein Körper von bestimmter Structur, die man beim Studium der Holzconservirung ebensowenig vernachlässigen darf, als die ebenfalls nur auf dem Wege mikroskopischer Beobachtung zu ermittelnde Vertheilung der Stoffe (Cellulose, Eiweiskörper, Stärke, Harz, etc.) im Holzkörper. So lange man dies ausser Aeht lässt, und so lange man nicht, ebenfalls auf Grund mikroskopischer Forschung das Wesen der Zerstörung des Holzes ergründet; so lange weiss man gar nicht, was man zur Erzielung der Holzconservirung zu thun hat. Und in der That, man muss in Bezug auf diese Frage wohl noch sehr im Dunkeln herumirren, wenn von einer

Seite die Imprägnation als ein ausgezeichnetes Mittel der Holzconservirung hingestellt, von der andern Seite dieser Methode jeder Werth abgesprochen wird.

Die bis jetzt erzielte wissenschaftliche Begründung des Färbeproeesses lässt wohl noch viel zu wünschen übrig, und zwar vornehmlich deshalb, weil man hierbei die mikroskopische Untersuchung vernachlässigte. In den Pflanzen- und Thierfasern hat man es eben nieht mit roher formloser Materie, sondern mit organisirten Körpern zu thun, die nicht nur in Folge ihrer substantiellen Beschaffenheit, sondern auch ihrer Structurverhältnisse wegen, gegen Pigmente ein eigenthümliches, noeh lange nicht ergründetes Verhalten zeigen. Wenn nun von maneher Seite her der Einwurf gemacht werden würde, dass solehe Untersuchungen vom practischen Standpunkte aus verwerflich sind, indem man ja schon so lange in der Färberei ohne Mikroskop fortkömmt, und dass trotzdem dieser Industriezweig auf eine solehe Höhe gebracht wurde; so könnte dies wohl nur die Einseitigkeit und Befangenheit dessen kennzeiehnen, der einen solehen Ausspruch thut. Beinahe sämmtliehe Industriezweige sind direct aus dem practischen Leben hervorgegangen; wer kann aber verkennen, wie raseh sieh dieselben aufschwangen, als der dureh die Wissensehaft eingeführte leitende Gedanke darin zu regieren begann. Selbst die Geschichte der Färberei bewahrheitet diese Behauptung, wenigstens in Bezug auf den Einfluss, den die Chemie auf diesen Fabrieationszweig ausübte.

Aus dem Vorhergehenden ergibt sich, dass die Aufgabe der technischen Mikroskopie darin besteht, zur Erkennung jener gewerbliehen Waaren (Rohproducte, Halbfabricate und fertige Waaren) zu führen, deren Abstammung und Beschaffenheit nur das Mikroskop erforschen kann, und jene Fabricationsprocesse, welehe die Verarbeitung organisirter Producte zum Zweeke haben, zur Erzielung eines möglichst gründlichen Verständnisses mit bewaffnetem Auge zu studiren.

Zur Ausführung der genannten Aufgabe ist vor allem die Kenntniss des Mikroskopes und seines Gebrauches erforderlich, aber hiemit reieht man keineswegs aus. Nur dann wird eine Untersuehung von Werth sein und zu exacten Resultaten führen,

wenn ihr eine wissenschaftliche Methode zu Grunde liegt. Fasst man das Materiale in's Auge, welches die technische Mikroskopie zu beherrschen hat, so wird man wohl bald darüber im Klaren sein, dass die Gewebelehre und Anatomie der Pflanzen die hauptsächlichste wissenschaftliche Grundlage für mikroskopisch-technische Untersuchungen bilden wird; dass ferner einzelne Partieen der thierischen Gewebelehre (für Untersuchung von Haut, Leder, Thierhaare, Knochen, Horn u. s. w.), der Physik und analytischen Chemie zur gründlichen Behandlung des Gegenstandes erforderlich sind.

Dass auch die thierische Gewebelehre gleich der pflanzlichen einen Theil der wissenschaftlichen Grundlage für mikroskopisch-technische Untersuchungen bildet, ist wohl nicht nothwendig, näher zu begründen; inwieweit aber rein physikalische oder chemisch-analytische Methoden hierzu dienlich sind, dürften nachfolgende Betrachtungen zeigen. — Die Erkennung der ätherischen Oele gelingt durch chemische Reagentien nur höchst unvollkommen; weitaus besser erreicht man diesen Zweck durch Prüfung ihres Moleculardrehungsvermögens. Diese Methode ist aber nur dann anwendbar, wenn dem Untersuchenden grössere Mengen der Substanz zu Gebote gestellt werden, was aber gerade bei diesem Körpern häufig nicht geschehen kann. In diesen Fällen leistet das Mikroskop sehr gute Dienste, indem man es zur Bestimmung des Brechungsindex der vorliegenden ätherischen Oele benützt, eine Methode, die um so mehr Berücksichtigung verdient, als die Brechungsindices dieser Substanzen oft sehr beträchtlich von einander abweichen und zur Untersuchung wenige Flüssigkeitstropfen genügen. Es kann häufig vorkommen, dass feste, nicht organisirte (krystallisirte oder amorphe) Substanzen, deren Kenntniss dem Praetiker wünschenswerth ist, in so kleinen Mengen zur Untersuchung vorliegen, dass die Erkennung derselben nach den gewöhnlichen chemisch-analytischen Methoden nicht durchführbar ist. Hier wird eine mikrochemische, d. h. auf den Objectträger unter Mikroskop ausgeführte Untersuchung sehr häufig zu dem gewünschten Resultate führen. — Auch die krystallographische Messung von mikroskopischen Kryställchen kann in gewissen analytischen Fällen die einzige Methode

zur Erkennung abgeben, weswegen auch diese einen Theil der wissenschaftlichen Grundlage der technischen Mikroskopie bildet.

Im Vorhergehenden wurden die Aufgaben der technischen Mikroskopie und die Mittel zu ihrer Lösung bezeichnet. Ich will nun versuchen, den heutigen Stand der diesbezüglichen Untersuchungen zu schildern.

Von den beiden Aufgaben, welche der technischen Mikroskopie zufallen: Untersuchung technischer Waaren und Studium der Fabricationsprocesse, wurde bis jetzt vorzugsweise erstere in Angriff genommen. Bestrebungen, Aufgaben der zweiten Art zu lösen, fehlen in der Literatur beinahe gänzlich.

Eine geschichtliche Darstellung der bis jetzt auf dem Gebiete der mikroskopisch-technischen Untersuchungen erzielten Leistungen verlohnt kaum der Mühe; auf dem ganzen Gebiete findet man noch keine ernsten, gewissenhaften Arbeiten, obwohl die heutige Technik der Mikroskope und die in voller Kraft entwickelte Histologie des Pflanzen- und Thierkörpers alle Mittel zu ihrer Ausführung darbieten. Nur von einem Versuche, die mikroskopisch-technische Untersuchung nach einer wissenschaftlichen Methode auszuführen, muss hier Act genommen werden. Denselben unternahm Payen in seinem vortrefflichen Werke: „*Précis de Chimie industrielle*“.[1]) Im ersten Capitel des zweiten Bandes gibt Payen eine Uebersicht über den feineren Bau der Gewächse, und versuchte dadurch das Verständniss einiger Capitel seines Werkes (Cap. Stärke, Gewebsfasern, Zuckerfabrication u. m. a.) zu vermitteln. Wenn es Payen auch wegen der Mangelhaftigkeit und theilweise Unrichtigkeit seiner histologischen und pflanzenanatomischen Angaben nicht gelungen ist, die angestrebte exaete Erkennung technisch verwendeter Producte des Pflanzenreiches und die genauere Erforschung einiger Fabricationsprocesse auf dem Wege der mikroskopischen Beobachtung zu erzielen; so hat doch dieser hervorragende Chemiker hierdurch den Werth der mikroskopischen Methode zur Lösung technischer Fragen anerkannt, und ist immerhin sein Buch als der erste

[1]) *Quatrième edition.* Paris 1859.

Versuch zu betrachten, eine wissenschaftliche Methode in die mikroskopisch-technische Untersuchung einzuführen.

In Bezug auf die bis jetzt erzielten Leistungen der technischen Mikroskopie, das Wesen der Fabricationsprocesse aufzuklären, habe ich nichts mehr zu sagen. Payen's Versuch, der einzige in dieser Art, hatte, wie schon oben erwähnt, wenig Erfolg.

In Betreff der mikroskopischen Untersuchung technischer Waaren bietet die Literatur allerdings vieles dar. Nimmt man sich aber die Mühe, die vorhandenen Arbeiten nach dem heutigen Standpunkte der Wissenschaft kritisch durchzugehen, so wird man gewahr, wie oberflächlich, zum Theile unrichtig und unzuverlässlich, überhaupt wie unbrauchbar die meisten derselben sind. Es ist selbstverständlich nicht absichtliche Entstellung, auch nicht blos die subjective Deutung unrichtig verstandener Beobachtungen, und nicht blos Leichtfertigkeit und Oberflächlichkeit der Untersuchung; beinahe immer ist es der Mangel einer wissenschaftlichen Methode, der diese Arbeiten als Resultat des Herumrathens und nicht als Ergebniss der Forschung hinstellt.

Beinahe nur jene technischen Objecte, welche, wie die Stärke, gleichzeitig Gegenstand der pharmaceutischen Waarenkunde sind, haben eine genügende Bearbeitung gefunden. Von rein gewerblichen Waaren sind blos die Gewebefasern in einem kleinen Werke von H. Schacht[1]) halbwegs entsprechend bearbeitet worden. Manches Gute enthält Schaeht's Buch allerdings. Ihm gebührt auch unstreitig das Verdienst, das Mikroskop bei den Technikern zur grösseren Anerkennung gebracht zu haben. Aber dass ein auf dem Gebiete der reinen Forschung so hervorragender Mann, wie Schaeht, statt dem Techniker zu zeigen, dass nur eine exacte, wissenschaftliche Methode zu sicheren Schlüssen führen könne, ihm nochmals jene Handwerksproben zur Erkennung der Gewebsfasern vorführt (Schwefelsäure-Oel-Verbrennungsprobe u. s. w.), die im günstigsten Falle zu Wahrscheinlichkeits-Resultaten führen können, muss entschieden missbilligt werden.

[1]) H. Schacht. Die Prüfung der im Handel vorkommenden Gewebe etc. Berlin 1853.

Was im Uebrigen an mikroskopisch-technischen Untersuchungen (Untersuchung von Waaren) vorliegt, wurde von Chevallier [1]) vornehmlich aber von Hassal [2]) und Klenke [3]) zusammengetragen, und enthüllen uns deren umfangreiche Werke vollends die Art und Weise, wie man bis jetzt in dieser Richtung zu arbeiten gewohnt war.

Diese drei genannten Werke machen auf denjenigen, der sie kritisch durchgeht, einen eigenthümlichen Eindruck. Man wird durch sie an Jemand gemahnt, der die chemische Nachweisung der Metallsalze lehren will, ohne den Plan der Analyse zu entwerfen, der uns z. B. erzählt, dass man das Blei in den Lösungen seiner Salze daran erkennt, dass Schwefelwasserstoff darin einen schwarzen Niederschlag hervorbringt, uns aber darüber nicht belehrt, welche näheren Eigenschaften dieser Niederschlag habe, und nicht angibt, welche andern Körper ebenfalls durch Schwefelwasserstoff schwarz gefällt werden. Hassal und Klenke bringen mikroskopische Abbildungen ohne wissenschaftliche Deutung. Unwesentliche Eigenschaften der Objecte werden als charakteristische Merkmale hingestellt, vieles in falscher Auffassung in's Bild eingetragen. An keiner Stelle des begleitenden Textes ist ein leitender wissenschaftlicher Gedanke zu finden, sämmtliche Beobachtungen sind ohne Plan ausgeführt. Durch Präcisirung einiger weniger anatomischer Begriffe hätten die Verfasser das angestrebte Ziel auf kürzerem Wege und besser erreicht, als durch die Unmasse zum Theile ganz unrichtiger Abbildungen. Hassal's mikroskopische Abbildungen, mehr oder minder getreu von Klenke copirt, sind meist ein buntes Durcheinander, das Portrait eines vollgepfropften Gesichtsfeldes. Sie geben eine getreuliche Anweisung, wie man nicht präpariren soll. Man betrachte z. B. in Hassal's Werk (pag. 21) die Abbildung zu dem Absatze: *„Woody fibre in Sugar"*. Holzzellen, wie die daselbst abgebildeten, bringt die Natur nicht hervor und gehören

---

[1]) *Chevallier. Dictionnaire des altérations et falsifications des substances alimentaires médicamenteuses et commerciales* ect. Paris 1854.

[2]) *Food and its adulterations* ect. London 1855.

[3]) Die Verfälschungen der Nahrungsmittel und Getränke, der Colonialwaaren, Manufacte etc. Leipzig 1858.

die zwischeneinander geschoben abgebildeten Tüpfel zu den Unmöglichkeiten. Viele Abbildungen beider Werke (beispielsweise Figur 21 in Hassal, pag. 44; Figur 32 und 80 in Klenke pag. 61 und 137) enthalten anatomische Absurditäten. Klenke's Abbildungen der Leinen- und Hanffaser und des Seidenfadens (l. c. p. 458—471) sind unwahr. Leinen- und Hanffasern werden als kurzgliedrige Zellreihen, der Seidenfaden als Hohlfaser abgebildet, obgleich er im Texte als solider Faden aufgeführt ist. Klenke's Buch liefert auch den Beweis, dass des Verfassers Angaben über die einfachsten mikroskopischen Dinge unzuverlässlich sind. In Figur 100, pag. 203 bildet er echte Sagostärke (von Sagus Rumphii) ab und schreibt unter die Abbildung „Sago aus Kartoffelstärke". Figur 99 auf pag. 202, mit der Erklärung „echter Sago" versehen, enthält viele Unrichtigkeiten, doch ist nicht zu verkennen, dass die abgebildeten Stärkekörner der Tapioeea (von Jatropha Manihot) angehören. Figur 105 auf pag. 216 soll Tapioeea vorstellen, hat aber damit keine Aehnlichkeit und dürfte es überhaupt schwer halten, die Abstammung der daselbst abgebildeten Stärkekörner zu enträthseln.

Die Lehr- und Handbücher über mechanische und chemische Technologie enthalten in mikroskopischer Richtung nichts Originelles. Dort, wo sich die Autoren an Schacht oder (bei Stärke u. dgl.) an die Pharmakognosten anschliessen, sind ihre Angaben meist correct. —

Nur mit Widerstreben habe ich es unternommen, ein Streiflicht auf die heutige Literatur der technischen Mikroskopie zu werfen. Möge man darin nicht die Sucht nach übelwollender Kritik, sondern die Absicht erkennen, die wahren Hindernisse zu bezeichnen, welche der Entwicklung und Verbreitung der technischen Mikroskopie im Wege standen. Wenn die Techniker bis heute die mikroskopische Untersuchung unterschätzten, so kann man ihnen dies nicht zur Last legen; sie waren eben nicht im Unrecht, wenn sie sich mit einem Instrumente nicht befreunden konnten, welches sie nur auf Irrwege leitete.

Die gründliche physikalische und chemische Vorbildung der heutigen Techniker gebietet es geradezu, jede Prüfungsmethode, der man die Einführung in die technische Praxis

siehern will, auf wissensehaftliche Prineipien zu fussen, und macht es möglieh, jede naturwissensehaftliehe Untersuehungsart zu ihrem Verständnisse zu bringen. Nieht minder geistig und manuell vorbereitet als der Arzt oder Pharmaceut an das Mikroskop herantretend, wird der Teehniker aueh nieht mindern Nutzen als sie von diesem Instrumente zu gewärtigen haben.

So sieher ieh es nach dem Gang der Dinge begreiflieh gefunden, dass die Planlosigkeit in den bis jetzt üblichen mikroskopiseh-teehnisehen Prüfungen eher den Unwillen eines denkenden Teehnikers, als die Aufforderung zu allgemeinerer Benützung des Mikroskopes veranlassen mussten, ebenso fest halte ieh mieh überzeugt, dass mit der Einführung einer wissensehaftliehen Untersuchungsmethode in den Männern der teehnisehen Praxis Vertrauen zum Mikroskope erweekt werden wird.

Naeh den im Vorhergehenden gesehilderten Aufgaben und den dort angegebenen Mitteln zur Lösung derselben zerfällt das Bueh in folgende Absehnitte:

Das Mikroskop und die mikroskopisehe Beobaehtung.
Die Zelle im Allgemeinen.
Die Pflanzenzelle.
Die Pflanzengewebe.
Die Anordnung der Gewebe im Pflanzenkörper.
Die Zellbildung im Pflanzenreiehe.
Die thierisehen Gewebe.
Die Untersuehung unorganisirter Substanzen dureh das Mikroskop.

In den genannten Capiteln wird vorzugsweise auf die für den Teehniker wiehtigen Partieen Gewieht gelegt. Der Absehnitt über Zellbildung wird mit der Lehre von der Hefe und ihrer Entwieklung bei der geistigen Gährung in Verbindung gebraeht. In den übrigen Absehnitten werden die Lehren der Histologie u. s. w. (soweit dies eben thunlieh ist) direet an teehnisehen Objeeten erörtert.

ERSTER ABSCHNITT.

Das Mikroskop und die mikroskopische Beobachtung.

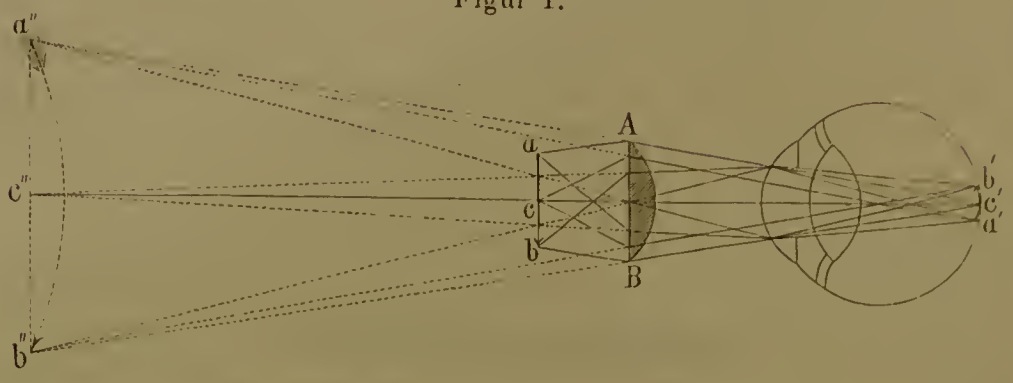
Das menschliche Auge ist ein Organ von beschränkter Wirksamkeit. Gegenstände, welche unter einem Gesichtswinkel von einer halben Minute ins Auge gelangen, werden in der Regel von der Nervenhaut nicht mehr empfunden. Aber damit ist die Beschränktheit des Gesichtssinnes noch nicht vollkommen charakterisirt. Das Auge kann sich nicht allen Entfernungen accomodiren. Es existirt nämlich für jedes Auge ein bestimmter Punkt (Nähepunkt), von welchem aus, gegen das Auge zu, ein deutliches Sehen nicht mehr möglich ist. Dieses beschränkten Accommodationsvermögens unseres Sehorganes wegen, muss daher ein Körper, der gesehen werden soll, gross genug sein, um jenseits des Nähepunktes gelegen, noch unter einem Gesichtswinkel von mehr als einer halben Minute ins Auge zu gelangen.

Die Mittel, welche man anwendet, um Gegenstände deutlich zu sehen, deren Wahrnehmung in Folge der beschränkten Sehkraft unseres Auges nicht mehr gelingt, sind das einfache Mikroskop, das Bildmikroskop und das zusammengesetzte Mikroskop.

Das einfache Mikroskop *(Simplex)* entwirft auf der Netzhaut des Auges direct ein umgekehrtes Bild des beobachteten Gegenstandes, welches mithin wie alle durch das freie Auge betrach-

teten Objeete aufreeht empfunden wird. Die von einem Objecte ab (Fig. 1) ausgehenden Strahlen werden durch die Linse *AB* des

Figur 1.



einfachen Mikroskopes gebroehen und vereinigen sieh in *a' b'* zu einem Netzhautbilde, welehes im Auge ganz den Effect hervorbringt, als würde es von einem Objeete *a'' b''* herrühren. *a'' b''* ist aber das virtuelle Bild des Gegenstandes *a b*, welehes entsteht, indem man sich die durch die Linse gebroehenen, vom Objecte ausgehenden Strahlen vor der Linse bis zum gegenseitigen Durchschnitte verlängert denkt.

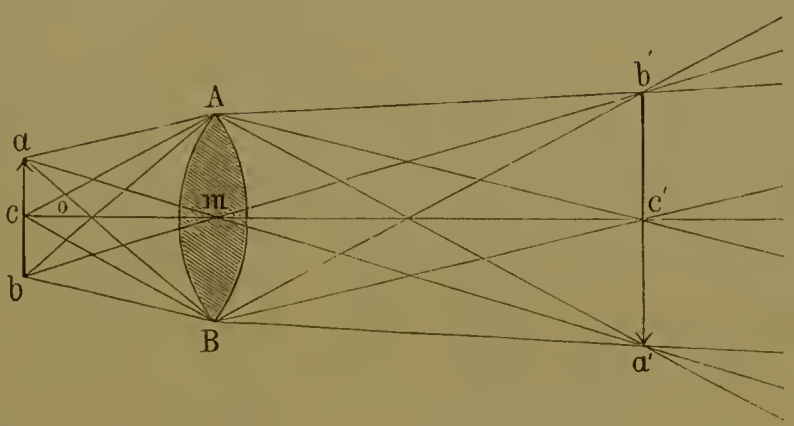
Das einfache Mikroskop in seiner einfachsten Form führt den Namen Loupe. Es enthält ausser einer Fassung, der manchmal noeh ein besonderer Träger für die Linse allein, oder für Linse und Objeet, beigegeben ist, keinerlei Nebenvorrichtungen. Ist an demselben aber noeh eine besondere Beleuehtungsvorrichtung (Spiegel) angebraeht, so wird es als einfaches Mikroskop im engeren Sinne, oder als einfaehes Mikroskop kurzweg bezeiehnet.

Die Vergrösserung der Loupen geht bis zum 15—20faehen des Objeetes. Die einfaehen Mikroskope lassen hingegen eine weit stärkere Vergrösserung zu, die bis zu einer mehrhundertmaligen gesteigert werden kann. Aber diese Instrumente greifen in Folge grosser Lichtstärke und wegen der ungewohnt geringen Entfernung der Objecte vom Auge, letzteres stark an, aueh lassen diese Apparate nur einen kleinen Theil der Objeete übersehauen (kleines Gesiehtsfeld). Diese Uebelstände beschränken ihre Anwendung von Tag zu Tag immer mehr. Man benützt sie jetzt nicht mehr für längere Zeit in Anspruch nehmende Untersuehungen.

Das Bildmikroskop, welches nach der die Objecte beleuchtenden Lichtquelle die Namen: Sonnenmikroskop, Hydrooxygengasmikroskop, photoelektrisches Mikroskop u. s. w. führt, erzeugt physische Bilder, welche man auf einer weissen Fläche auffängt, und die selbstverständlich desto grösser ausfallen müssen, je weiter das Bild vom Apparate entfernt ist.

Jedes einfache Mikroskop lässt sich in ein Bildmikroskop verwandeln, wenn man das Object, welches bei der Beobachtung mit der Loupe innerhalb der Brennweite der Linse gelegen sein muss, ausserhalb dieselbe bringt.

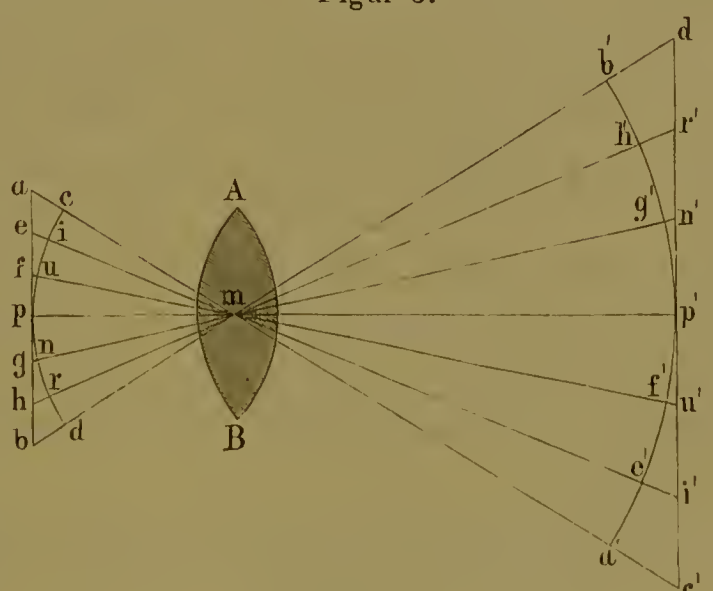
Figur 2.



Figur 2 veranschaulicht den Gang der Strahlen bei der Benützung einer Linse *AB* als Bildmikroskop. Das durch die Linse vergrösserte Bild *b'a'* des Gegenstandes *ab* erscheint umgekehrt.

Jede Linse entwirft von einem ebenen Gegenstande keineswegs ein ebenes, sondern ein gekrümmtes Bild, während ein Gegenstand von bestimmter Krümmung ebene Bilder liefern kann.

Figur 3.



Figur 3 zeigt das gekrümmte Bild *b' a'* von dem ebenen Objecte *ab* und das ebene *d' c'* Bild des gekrümmten Objectes *cd*. Die Kenntniss der Gestalt der Bilder in Bezug auf die Form der Objecte ist nicht nur für das Verständniss des Bildmikroskopes, son-

dern auch für jenes des später zu betrachtenden zusammengesetzten Mikroskopes von solcher Wichtigkeit, dass ich diesen Gegenstand unmöglich übergehen konnte.

Die Bildmikroskope können unter Umständen sehr stark vergrösserte Bilder liefern; so gelang es durch Anwendung von Glaskügelchen als Linsen bei entfernter Stellung des bildauffangenden Schirmes eine mehrtausendmalige Vergrösserung zu erzielen [1]). Trotz dieser kolossalen Vergrösserung haben die Bildmikroskope kaum den Werth der einfachen Mikroskope; denn ihre undeutlichen, in Folge der erwähnten Krümmung falsch und matt contourirten Bilder geben dem Beobachter kaum jene Aufschlüsse über Structur und Form der Objecte, als einfache Mikroskope mit weitaus geringeren Vergrösserungen. Dies ist der Grund, weswegen das Bildmikroskop zu wissenschaftlichen Untersuchungen untauglich ist. Seine Wirkung, die noch durch die Riesenhaftigkeit der Gesichtsfelder gesteigert wird und die es zulässt, grosse Strecken des Objectes mit Einemmale zu überschauen, kann nur dem Unkundigen imponiren.

So mangelhaft die Leistungen sind, welche das einfache und das Bildmikroskop hervorbringen, so trefflich sind die Leistungen des zusammengesetzten Mikroskopes, welches eigentlich nichts anderes, als eine geschickte Vereinigung der beiden früher genannten ist. Die Einrichtungen dieses Instrumentes müssen wir etwas eingehender betrachten, da es das einzige der drei genannten Apparate ist, welches sich zum gründlichen und andauernden Studium mikroskopischer Objecte eignet.

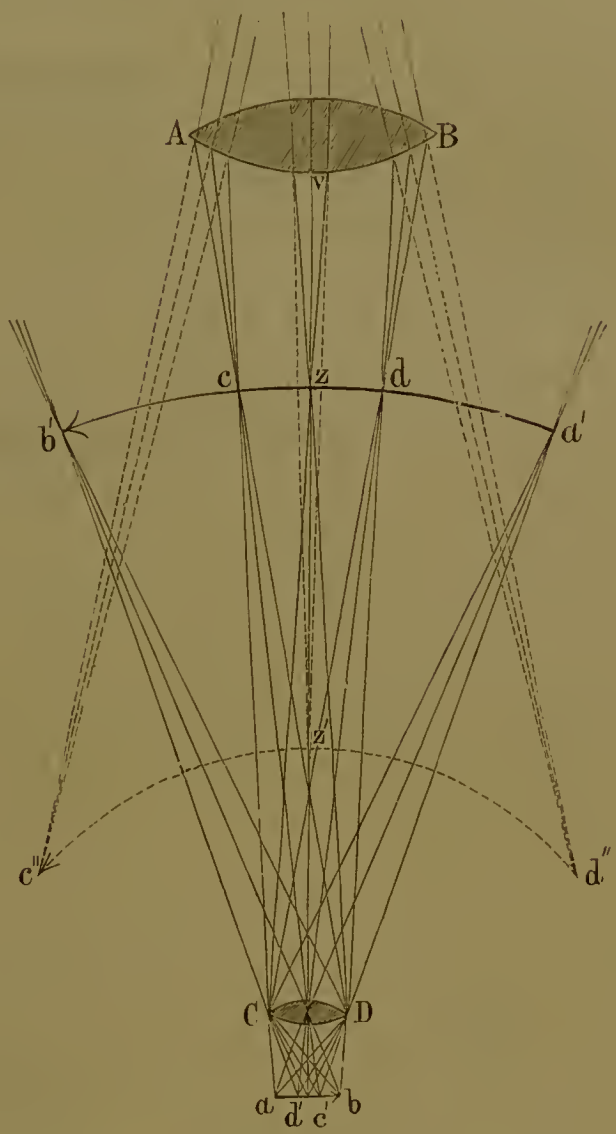
Bringt man ein Object ab (Fig. 4) ausserhalb der Brennweite einer Sammellinse CD, so erhält man, wie dies beim Bildmikroskop (Fig. 2) gezeigt wurde, jenseits der Linse ein physisches Bild $b'a'$, welches umgekehrt und gekrümmt ist. Bringt man ferner über diesem Bilde, das man durch eine matte Glasplatte leicht ersichtlich machen kann, eine Convexlinse AB derart an, dass das Bild $b'a'$ noch innerhalb ihrer Brennweite zu liegen kömmt, so erscheint dem Beobachter in seiner deutlichen Sehweite

---

[1]) Harting hat auf diese Weise Sonnenmikroskope mit 16000maliger linearer Vergrösserung hergestellt.

ein neues Bild $c''d''$ das Bild der Linie cd ($a'b'$ können kein Bild geben, sie liegen schon ausser dem Bereiche der Linse AB). Dieses neue Bild lässt sich nicht so, wie das physische Bild $b'a'$ auffangen, da es blos ein virtuelles Bild ist, hervorgebracht durch eine Loupe (AB), der gegenüber das physische Bild $b'a'$ als Gegenstand zu betrachten ist.

Figur 4.

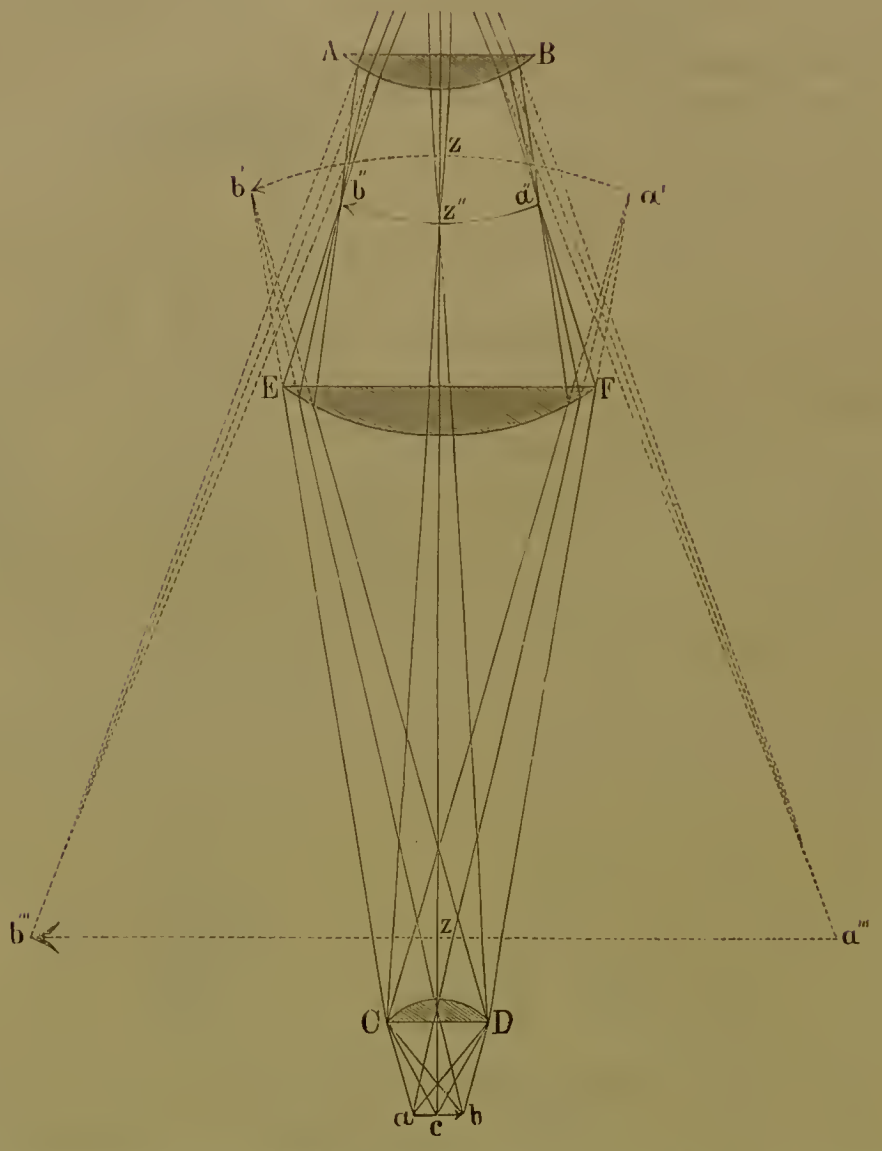


Eine Combination von zwei Convexgläsern, welche wie die in Figur 4 angegebenen wirken, bilden ein zusammengesetztes Mikroskop (Compositum) in seiner einfachsten Form. CD, das Bildmikroskop dieses Instrumentes, führt wegen seiner Nähe am Objecte den Namen Objectiv; AB, die Loupe des Compositums wird, da sie während der Beobachtung dem Auge des Beobachters zunächst liegt, als Ocular bezeichnet.

Ein solches Instrument hat aber noch viele Nachtheile; vornehmlich leidet das Bild $c''d''$ an starker Krümmung, aber auch das Gesichtsfeld hat eine ungenügende Grösse und Lichtstärke. Beiden Uebelständen hat die praktische Optik abgeholfen. Es wird nämlich (Figur 5) vor dem Bilde $b'a'$ ein neues Convexglas EF eingeschoben, welches allerdings das physische Bild $b''a''$ von ab kleiner erscheinen lässt, als das durch das Objectiv CD entworfene Bild $b'a'$. Aber das neue Bild ist in Folge der Concentrirung der Lichtstrahlen auf einen kleineren Raum heller geworden, dem neuen Bilde wurde ferner aus früher angeführten Gründen eine nur mehr geringe Krümmung gegeben, welche sich durch die Loupe AB vollends beseitigen lässt, wenn nur

den beiden Convexgläsern AB und EF passende Krümmungen eigen sind.

Figur 5.



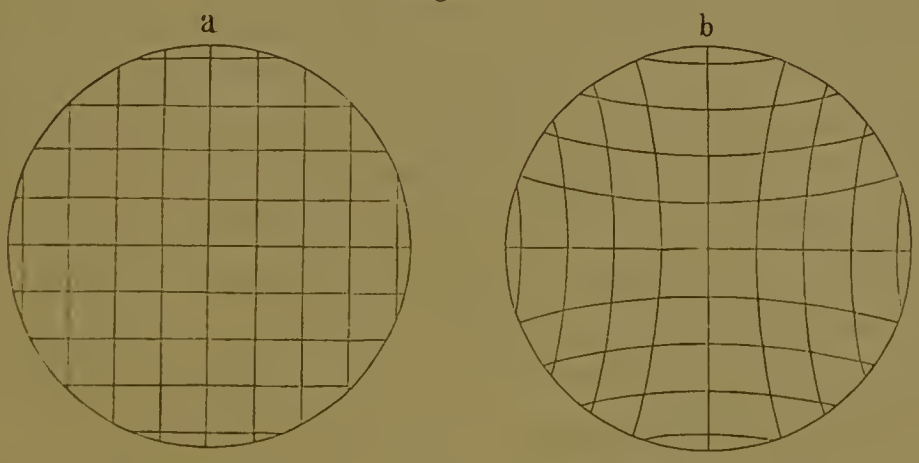
Alle zusammengesetzten Mikroskope enthalten die Linse AB und die in ihren Wirkungen eben betrachtete Linse EF. Beide werden durchwegs in gemeinsame Fassung gebraeht und bilden so jenen wichtigen Bestandtheil aller zusammengesetzten Mikroskope, den man als Doppelocular oder Ocular kurzweg bezeichnet. Die dem Auge zugewendete Linse AB des Oculars heisst Ocularglas, die dem Objecte zugewendete, Collectivglas oder Sammmelglas.

Das Ocular wird in eine eylindrische Röhre (Mikroskopröhre), welche bestimmt ist, den sehon im Allgemeinen betrach-

teten optischen Apparat des Mikroskopes zu tragen, einfach eingeschoben, während das in eine besondere Fassung gebrachte Objectiv am unteren konischen Ende dieser Röhre angeschraubt wird.

Die Vortheile des Doppeloculars sind leicht durch den Versuch zu constatiren. Schraubt man vom Ocular die Ocularlinse ab, legt diese auf die mit dem Objectiv versehene Mikroskopröhre auf und betrachtet mit dem so zusammengestellten Instrumente irgend ein Object, so wird man ein nur schwach erleuchtetes Gesichtsfeld und in demselben ein mattes und unklares Bild des Objectes bemerken. Dasselbe Object mit dem Doppelocular betrachtet, erscheint allerdings etwas kleiner, aber schärfer, klarer und weitaus heller beleuchtet. Es ist auch gar nicht schwierig, durch Versuch darzulegen, dass durch Anbringung der Collectivlinse die Krümmung des Bildes ganz oder zum grössten Theile behoben wird. Wendet man nämlich als Object eine Glastafel an, auf welcher ein System sich senkrecht durchkreuzender Linien (Figur 6, *a*) gezeichnet ist und betrachtet

Figur 6.



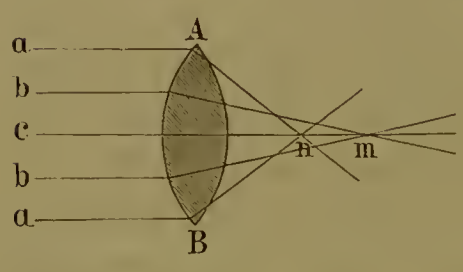
man dasselbe mit Objectiv und Ocularlinse allein und sodann mit dem Objectiv und dem Doppeloculare, so erkennt man im ersten Falle eine Krümmung der Linien (Figur 6, *b*) die mit der Annäherung an die Grenzen des Gesichtsfeldes zunimmt, im zweiten Falle hingegen gibt das Bild die wahre Gestalt des Objectes.

Ich übergehe nun zur näheren Betrachtung des Objectives. Schwache Objectivlinsen (Linsen mit schwacher Krümmung) geben allerdings in Form und Farbe zureichende Bilder, stark gekrümmte, also desshalb stark vergrössernde Linsen

erzeugen hingegen farbige und verzerrte Bilder, deren unrichtige Contouren und farbige Säume durch zwei Fehler dieser Linsen hervorgerufen werden, durch die sphärische und chromatische Aberration, deren Wesen wir nicht unbeachtet lassen dürfen, soferne wir die Mittel zu ihrer Aufhebung verstehen wollen.

Bei einer starken Linse vereinigen sich nicht alle parallel zur Axe einfallenden Strahlen in ihrem Brennpunkte; die am Rande der Linse einfallenden Strahlen erleiden eine stärkere Brechung, als die der Linsenmitte näheren und werden deshalb in Punkten die Linsenaxe schneiden, die vor jenen zu liegen kommen, in denen die Centralstrahlen die Linsenaxe schneiden.

Figur 7.



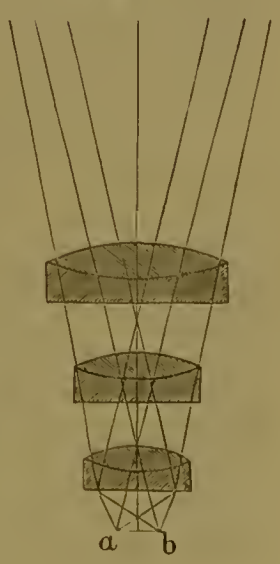
An der Linse *AB* (Figur 7) trifft der von *a* ausgehende Lichtstrahl schon in *n*, der von *b* ausgehende Strahl erst in *m* die Linsenaxe *cm*. Diese Vereinigung der Strahlen in verschiedenen Brennpunkten, und allgemeiner ausgedrückt, die nicht genaue Vereinigung der von einem Puncte ausgehenden Strahlen nach ihrer Brechung durch die Linse in einen Punct nennt man die sphärische Aberration. Es ist leicht einzusehen, dass Bilder, die mit dem Fehler der sphärischen Aberration behaftet sind, verwirrt und unklar ausfallen müssen. Dieser Fehler lässt sich schon dadurch zum grossen Theile corrigiren, dass man eine kreisförmig durchbrochene Scheibe (Blendung) vor das Objectiv schiebt, wodurch die Randstrahlen unwirksam gemacht werden. Ich werde weiter unten noch auf eine zweite wichtige Verbesserung des genannten Fehlers zu sprechen kommen.

Die früher erwähnten, durch starke Objectivlinsen hervorgerufenen farbigen Säume, haben ihren Grund in einem zweiten Fehler der Linsen, welcher mit dem Namen der chromatischen Aberration bezeichnet wird. Dieselbe besteht darin, dass die durch die Linse durchgehenden weissen Lichtstrahlen in ihre farbigen Bestandtheile zerlegt werden, welche sich, da die Brechbarkeit verschiedener Strahlen eine ungleiche ist, in verschiedenen Brennpunkten vereinigen müssen. Um diesen Fehler zu beseitigen, vereinigt man eine (biconvexe) Sammellinse mit

einer (planconcaven) Zerstreuungslinse, von denen die erste aus Crownglas, die letztere aus Flintglas verfertigt ist, zu einer sogenannten achromatischen Doppellinse. Es ist leicht einzusehen, dass in Folge des verschiedenen Dispersionsvermögens der Gläser, ferner in Folge des Ganges der Strahlen in Sammel- und Zerstreuungslinsen achromatische Doppellinsen construirt werden können, in welchen bei zweckmässiger Wahl der Gläser und passender Form der Linsen die chromatische Aberration auf ein Minimum herabgedrückt ist, d. h. wenigstens nahezu eine Wiedervereinigung der in die farbigen Bestandtheile zerlegten Strahlen eintritt.

Je stärker die Vergrösserung eines Objectives sein soll, desto stärker müssen begreiflicherweise die Linsen gekrümmt sein. Da nun die Herstellung stark gekrümmter Linsen mit grossen Schwierigkeiten verbunden ist, hingegen durch Vereinigung von schwachgekrümmten Linsen, die bei weitem leichter hergestellt werden können, Vergrösserungen zu erzielen sind, die jenen einer starkgekrümmten gleichkommen, so vereinigt man mehrere Linsen in passender Weise zu einem Linsensysteme (Objectivsystem). Diese Systeme sind durchwegs aus drei achromatischen Doppellinsen zusammengesetzt, von welchem das stärkste dem Objecte zugewendet ist, das schwächste von diesem am weitesten entfernt steht. Diese Stellung der Doppellinsen zu einander hat ihren guten Grund. Da nämlich die stärksten Linsen auch die kleinsten sind und umgekehrt, so kann nur bei dieser Lage der Linsen die grösstmöglichste Zahl von Strahlen in die oberen Linsen gelangen, wie Figur 8 darlegt.

Figur 8.



Durch eine bestimmte Annäherung der achromatischen Doppellinsen ist man auch im Stande, die sphärische Aberration einer Doppellinse durch die andere zu corrigiren.

Die Linsen eines Systemes werden in eine besondere Fassung gebracht, und am unteren konischen Ende der Mikroskopröhre angeschraubt.

In neuerer Zeit hat man (Hartnack in Paris u. A.) eine besondere Art von Objectiven, die Immersionslinsen construirt, welche während

der Beobachtung in einen Flüssigkeitstropfen (gewöhnlich Wasser) tauchen, der sich auf den später zu erwähnenden Deckgläschen befindet. Diese Linsensysteme liefern noch bei sehr starken Vergrösserungen Bilder, die durch grosse Schärfe ausgezeichnet sind. Sie übertreffen geradezu alle bis jetzt construirten Objective.

Die Oculare und Objective bilden den optisch wirksamen Theil des Mikroskopes; es erübrigt noch die Beleuchtungsvorrichtungen, die Mikroskopröhre, das Stativ, den Tisch und die mechanischen Vorrichtungen dieses Instrumentes zu besprechen.

Die Objecte werden auf Glasplatten gebracht, die auf einem kreisförmig durchbrochenen, horizontal gestellten Tisch aufgelegt werden. Die meisten Objecte sind in dünnen Schichten durchsichtig, oder lassen sich wenigstens durch manche Mittel (Canadabalsam, Chromsäure etc.) durchsichtig machen. In Folge dessen und wegen ihrer Lage auf einem horizontal gestellten Objectträger (Glasplatte) ist es am zweckmässigsten, sie von unten her durch einen Spiegel zu beleuchten. Es ist dies in der Regel ein schwachgekrümmter Hohlspiegel. Bei neueren Instrumenten ist derselbe nicht nur um eine horizontale Axe, sondern auch noch derart drehbar, dass man das Object nicht nur mit senkrecht auffallendem Lichte, sondern auch schief beleuchten kann, eine Einrichtung, die beim Studium der feineren Structur der Objecte oft sehr gute Dienste leistet. — Zur Beleuchtung undurchsichtiger Objecte, die übrigens nur verhältnissmässig selten vorliegen, bedient man sich einer grossen Sammellinse, die entweder am Mikroskopkörper selbst oder an einem besonderen Stativ angebracht ist, und welche die Gegenstände von oben her beleuchtet.

Zur Regelung der im durchfallenden Lichte betrachteten Gegenstände bedient man sich der Blendungen oder Diaphragmen, deren Vortheile zur theilweisen Behebung der sphärischen Aberration schon oben berührt wurden. Man unterscheidet Scheiben- und Cylinderblendungen. Erstere bestehen aus einer knapp unterhalb des Objecttisches angebrachten drehbaren Metallscheibe, an deren Rande verschieden grosse kreisförmige Löcher eingeschnitten sind, die sich der Reihe nach unter die Tischöffnung bringen lassen. Weit vortheilhafter als

diese Vorrichtung sind die Cylinderblendungen, kleine, oben mit einem kreisförmigen Loche versehene Cylinder, welche derart in den Tisch eingelegt werden, dass die Kreisöffnung in die Ebene der Tischfläche zu liegen kömmt. Durch mehrere Cylindereinsätze mit verschieden grossen Kreisöffnungen regelt man in der zweckmässigsten Weise die Beleuchtung. Auch durch Hebung und Senkung einer in der Tischöffnung spielenden Cylinderblendung können Aenderungen in der Beleuchtung der Objecte hervorgerufen werden. Im Allgemeinen kann man sagen, dass bei Anwendung starker Objective stärker als bei Benützung schwacher Objective abgeblendet werden muss; obwohl manche Objecte selbst bei Betrachtung durch ein und dasselbe Objectiv verschiedene Abblendung erheischen. Im Allgemeinen erfordern die thierischen Gewebe stärkere Abblendungen, als die vegetabilischen.

Ueber die Anbringung des Oculars und Objectivs an der Mikroskopröhre wurde schon oben gesprochen; es erübrigt noch einiges über die Länge derselben hier anzuführen.

Mit der Längenzunahme der Mikroskopröhre wächst die Grösse des physischen Bildes und selbstverständlich auch die Grösse des durch das Compositum geschenen Bildes; doch würde es eben so zwecklos sein, die Mikroskopröhre allzusehr zu verlängern, als sie allzusehr zu verkürzen. Es handelt sich ja bei den Bildern des Mikroskopes weniger um ihre Grösse, als um ihre Deutlichkeit. Diese wird aber bei bestimmten Ocularen und bestimmten Objectiven nur durch eine gewisse Länge des Rohres hervorgebracht. Da nun diese Länge für die verschiedenen dem Mikroskope beigegebenen Oculare und Objective unmöglich constant sein kann, so ist die Anwendung eines ausziehbaren Rohres einem Rohre von unveränderlicher Länge vorzuziehen. Die Anwendung des Auszuges bietet dem Beobachter zu dem noch andere Vortheile; er kann die Vergrösserung des Instrumentes innerhalb gewisser Grenzen regeln und auch die Grösse des Gesichtsfeldes abändern, welcher letztere Umstand bei Durchführung von Messungen oft sehr willkommen ist.

Zur Einstellung der Objecte ist es nothwendig, die Entfernung von Object und Objectiv ändern zu können. Dies wird

auf zweierlei Weise ausgeführt, entweder durch Bewegung des Mikroskoprohres oder des Objecttisches. Ersteres ist entschieden vorzuziehen und ist auch an allen besseren Mikroskopen anzutreffen. Die Bewegung der Mikroskopröhre erfolgt entweder durch Schub in einer mit dem Stative verbundenen Hülse, oder durch ein Getriebe. Am zweckmässigsten sind jene Mikroskope eingerichtet, bei welchen die grobe oder beiläufige Einstellung durch Schub, die feinere oder genaue durch eine Mikrometerschraube erfolgt.

Das Stativ des Mikroskopes wird in höchst wechselvollen Formen ausgeführt. Am häufigsten sind Scheibenstative, wo der Träger des Rohres auf einer massiven Metallscheibe ruht, Trommelstative, bei denen allerdings der Träger des Rohres auch auf einer Metallscheibe ruht, zwischen Tisch und Scheibe aber noch ein vorn offener Cylindermantel, in dessen Innerm der Spiegel steht, angebracht ist, endlich Hufeisenstative, nach ihrer Form so genannt, die musterhafteste, gefälligste Stativform.

Die wichtigsten Nebenvorrichtungen des Mikroskopes sind die zum Messen der Objecte dienenden Mikrometer, ferner der Zeichnungs- und Polarisationsapparat.

Als Mikrometer stehen zwei principiell ganz verschiedene Apparate, das Schrauben- und Glasmikrometer in Verwendung.

Das Schraubenmikrometer besteht im Wesentlichen in einem feinen Getriebe, welches den Mikroskoptisch und in Folge dessen auch den darauf liegenden Objectträger bewegt. Die Grösse des Weges, den der letztere genommen, wird am Schraubenkopfe, durch dessen Umdrehung die Bewegung hervorgerufen wurde, abgelesen. Die Grösse eines Gegenstandes wird nun mittelst Schraubenmikrometer in folgender Weise bestimmt. Im Ocular muss ein Fadenkreuz angebracht sein. Das zu messende Object legt man so, dass der Faden an einer Seite desselben genau tangirt. Nun notirt man den Stand an der Schraube, und bewegt hierauf mit dieser das Object so weit, bis der Faden genau an dessen entgegengesetztem Ende tangirt, und liest nun die Anzeige am Schraubenkopfe ab. Diese Art von Schraubenmikrometern führt den Namen Objecttisch-

Sehraubenmikrometer zum Unterschiede vom Ocular-Sehraubenmikrometer, an welchem durch Bewegung des Oeularfadenkreuzes mittelst Schraube das während der Beobaehtung ruhende Object gemessen wird.

Weitaus billiger als die beiden genannten Messvorrichtungen sind die Glasmikrometer, mittelst weleher man auf eine höchst einfache Weise ebenso genaue Messungen ausführen kann, und die aueh noeh den Vortheil haben, dass sie bei längerem Gebrauche nieht unriehtig werden, ein Fall, der bei Schraubenmikrometern immerhin eintreten kann. Diese Mikrometer sind Glastäfelehen, an welchen eine bestimmte Länge (sehr häufig 10 Millimeter oder 5 Linien, z. B. 5 Wiener L.) dureh parallele Theilstriche in kleinere Theile (z. B. in Zehntel des Millimeter) getheilt, aufgeritzt oder eingeätzt ist. Zur besseren Uebersicht sind gewöhnlieh die fünften und zehnten Theilstriche durch besondere Längen ausgezeichnet. Auf den ersten Blick dürfte es erscheinen, als wäre es behufs Messung am zweckmässigsten, einen solehen, auf Glas gezeichneten Massstab als Objectmikrometer anzuwenden, d. h., ihn als Objeetplatte zu benützen, und naehzusehen, wie viele Theilstriche durch den aufgelegten Gegenstand gedeekt werden. Eine solehe Art der Messung würde allerdings direet auf die wahre Grösse des Objeetes führen. Aber abgesehen davon, dass das immerhin kostspielige Mikrometer, als Objectträger angewendet, leicht Sehaden leiden würde, steigert sich die Unzweekmässigkeit dieser Messvorrichtung mit der Stärke der Vergrösserung. Das Mikroskop zeigt nämlich nicht Körperbilder der Objecte, sondern lässt uns nur Durehschnitte der optischen Ebene mit dem Objecte erkennen. Da man nun im Mikroskope nicht einmal den Körper in seiner ganzen Dicke überblieken kann, um wie vielcs weniger ist es möglieh, zu dem noch die unterliegende Mikrometertheilung zu unterscheiden. Bei schwachen Vergrösserungen ginge die Messung mittelst Objectmikrometer noch an; bei starken Vergrösserungen hingegen wären zur Vergleichung des Maasses und des zu messenden Gegenstandes mehrere Einstellungen in den Brennpunkt des Instrumentes nothwendig, ein Uebelstand, der nach wenigen Versuchen aueh den Unkun-

digen von der Unzweckmässigkeit dieses Verfahrens überzeugen müsste. Ausserdem erfordern diese Mikrometer, da auf sie die ganze Vergrösserung des Instrumentes einwirkt, sehr feine, detaillirte Theilungen, die den Preis der Vorrichtung ungemein erhöhen. — Alle diese Uebelstände werden beseitigt, wenn man das Glasmikrometer als Ocularmikrometer verwendet. Schaltet man nämlich die getheilte Glasplatte ins Doppelocular derart ein, dass die Theilstriche noch innerhalb der Brennweite des Oculargläses zu liegen kommen, so wird man, wenn ein Object auf dem Mikroskoptische liegt, nicht nur dieses, sondern gleichzeitig die Theilung des Mikrometers überblicken. Es ist nun selbstverständlich, dass man mit dem so zusammengestellten Apparate messen kann, obgleich das Mikrometer blos durch das Oculargläs, das Object hingegen durch das Ocular und das Objectiv vergrössert wird, dass man selbst mit einem, in entfernt stehende Theilstriche getheilten Ocularmikrometer auch bei starken Vergrösserungen, ja selbst mittelst einer incorrecten Mikrometertheilung, wenn nur die Theilstriche gleich weit von einander abstehen, eine ganz richtige Messung wird ausführen können. Man braucht nämlich blos ein für allemal durch ein genau getheiltes Glasmikrometer, welches man als Object benützt, die Grösse zu bestimmen, die ein Theilstrich des Mikrometers, im Objecte gesehen, misst. Die Ermittlung dieser Constanten ist sehr einfach. Es würden z. B. innerhalb zweier Theilstriche des Objectes, deren Entfernung von einander $0{\cdot}02^{mm.}$ beträgt, 12·5 Theilstriche des zu prüfenden Ocularmikrometers zu liegen kommen, so entspricht einem kleinsten Theile des Ocularmikrometers die Grösse $\frac{0{\cdot}02}{12{\cdot}5} = 0{\cdot}0016^{mm.}$ Mit dieser Constanten hat man die Anzahl der Mikrometertheile, welche das zu messende Object decken, zu multipliciren, um dessen wahre Grösse zu erhalten. — Das Glasmikrometer wird in zweierlei Weise in das Ocular eingeschaltet; es wird entweder in eine rechteckige Metallplatte eingelegt, und durch eine in der Fassung des Oculars angebrachte Spalte eingeschoben (Plössl), oder auf einen Ring des aus zwei Theilen bestehenden, durch Zusammenschrauben zu vereinigenden Oculars aufgelegt (Hartnack).

Zum Zeichen mikroskopischer Objecte bedient man sich mit Vortheil besonderer Zeichnungsapparate. Man giebt den vom Objectiv kommenden Strahlen durch ein reflectirendes Glasprisma eine horizontale Richtung und lässt sie durch ein Spiegelchen, welches kleiner als die Pupille sein muss, auf die Netzhaut fallen, deren vom Spiegelbilde nicht getroffener Theil auch andere Gegenstände, z. B. eine horizontal liegende Zeichnungsfläche zu überblicken vermag. Als Spiegelchen benützt man entweder kleine Metallspiegelchen (Sömmering'sche Spiegel) oder kleine reflectirende Glasprismen (an Hartnack's *Chambre claire* angebracht). Hält man, indem man ein klares Netzhautbild von einem mikroskopischen Objecte erhält, die nicht vom Spiegel des Mikroskopes kommenden Strahlen durch einen Schirm ab, so kann man das besonders auf dunkler Zeichnungsfläche deutlich projicirt erscheinende Bild durch Nachfahren mit einem Zeichenstifte ohne Mühe copiren.

Der Polarisationsapparat des Mikroskopes ist sehr einfach eingerichtet. Da der im polarisirten Lichte zu betrachtende Gegenstand zwischen den beiden Nicol'schen Prismen liegen muss und das Object ja immer auf einer Objectplatte am Mikroskoptische ruht, so kann man wohl dem Polariseur keinen andern Platz anweisen, als den, welchen die Cylinderblendungen einnehmen. Der Polariseur liegt also stets in den Tisch eingesenkt, während man den Analyseur entweder in den das Object tragenden Conus der Mikroskopröhre, oder in das Doppelocular einfügt. Der Analyseur ist selbstverständlich stets drehbar gemacht und zwar meist durch einen Stift, welcher in einem Einschnitte der Fassung läuft. Der Polarisationsapparat leistet bei der mikroskopisch-krystallographischen Untersuchung, ferner bei der Prüfung auf Stärke, Inulin etc. vorzügliche Dienste. —

Ich gebe im Nachfolgenden einige Bemerkungen über die mikroskopische Beobachtung und über den zu derlei Untersuchungen dienenden mechanischen und chemischen Apparat, welche für den angehenden Mikroskopiker nicht ohne Werth sein dürften.

Im Mikroskope sieht man, wie auch schon oben angedeutet wurde, bei einer bestimmten Einstellung nur eine Ebene. Was über oder unter dieser Ebene liegt, ist gar nicht oder nur

undeutlich sichtbar, so zwar, dass der Beobachter erst durch eine im Geiste vorgenommene Vereinigung mehrerer, durch verschiedene Einstellungen erzielter Bilder eine Vorstellung von der wahren Form des Gegenstandes bekömmt. Es zeigt sich dies vernehmlich bei Anwendung stärkerer Vergrösserungen. Schon dadurch unterscheidet sich das mikroskopische Sehen von dem gewöhnlichen. Aber auch der Umstand, dass wir bei Beobachtung mit unbewaffnetem Auge die Gegenstände meist im auffallenden, im Mikroskope hingegen beinahe immer im durchfallenden Lichte sehen, ändert den Eindruck des mikroskopischen Bildes im Vergleiche mit den gewöhnlichen Gesichtseindrücken, ebenso der Umstand, dass die durch das Mikroskop dem Auge zugeleiteten Lichtkegel Beleuchtungsverhältnisse der Objecte darbieten, wie sie beim gewöhnlichen Sehen beinahe nie vorkommen.

Schon diese Andeutungen werden genügen, um den Anfänger zu überzeugen, dass nur fleissige Uebung der Sinne und des Vorstellungsvermögens zur richtigen Deutung der mikroskopischen Bilder führen kann.

Die genannte Eigenthümlichkeit der mikroskopischen Bilder, uns blos Durchschnittsebenen der Objecte vorzuführen, drängt das Auge unwillkürlich, durch fortwährende Aenderung der Accommodation die Höhen und Tiefen des Objectes auszuforschen. Dadurch wird aber das Auge des Beobachters in einer Weise angestrengt, dass hierbei an ein andauerndes Beobachten nicht gedacht werden kann. Diesem Uebelstande ist aber leicht dadurch abzuhelfen, dass der Beobachter, statt das Auge dem Objecte anzupassen, durch fortwährende kleine Bewegungen der Mikrometerschraube, also durch Aenderungen der optischen Ebene, das Object dem Auge anpasst. So ist man im Stande, die einzelnen Niveaus des Objectes auf die Netzhaut zu projiciren, ohne dass das Auge irgend welche Ermüdung verspürt.

Eben so zur Schonung des Auges als zur Verdeutlichung der Objecte hat man auf die Beleuchtung des Gesichtsfeldes Rücksicht zu nehmen. Nicht die intensivste Beleuchtung ist immer die beste. Sehr häufig muss, und zwar gerade beim Studium sehr feiner Objecte, eine schwache Beleuchtung angewendet werden, die durch Anwendung der oben beschriebenen

Blendungen erzielt wird. Es lassen sich hierbei kaum mehr allgemeine Regeln als die schon früher angeführten aufstellen; nur kann dem angehenden Mikroskopiker nicht genug empfohlen werden, auf Spiegelstellung und Blendvorrichtung wohl zu achten, und ihren Einfluss auf die Beleuchtungsverhältnisse und die dadurch in den Bildern der Objecte hervorgerufenen Aenderungen zu studiren. Wer beispielsweise zum ersten Male ein schwieriges, bei senkrechter Beleuchtung genugsam erprobtes Objeet bei schiefer Stellung des Spiegels erblickt, wird wohl über den Einfluss der Beleuchtung beim Studium mikroskopiseher Objecte nicht mehr im Zweifel sein.

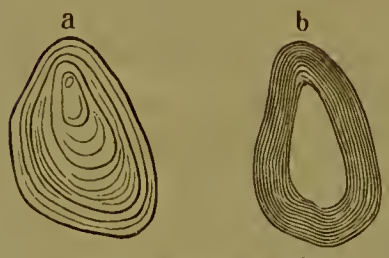
In Bezug auf die Wahl der Objeetive und Oculare lässt sieh nur dann ein Rath ertheilen, wenn man das zu untersuchende Object kennt. Indess kann man als allgemeine Regel feststellen, dass man des Guten nie zu viel thun möge, d. h., nicht gleich zu den stärksten Vergrösserungen greife. Man beginne bei Anwendung eines schwachen oder mittleren Oculars mit einem sehwachen Objective und übergehe dann erst zu stärkeren Objeetiven. So viel wie möglich meide man die starken Oculare, indem dieselben allerdings grössere Bilder geben, aber nur selten solche Bilder erzeugen, die man nicht schon viel deutlieher bei sehwächeren Ocularvergrösserungen sehen kann. Die Optiker haben dies lange eingesehen, und haben die Verfertigung allzustarker Oculare verlassen. Alle Optiker gehen heute von dem ganz riehtigen Grundsatze aus, den Sehwerpunkt der Vergrösserung nicht in's Oeular, sondern in's Objectiv zu verlegen. Doch verfielen einige Verfertiger von Mikroskopen in den Fehler, dass sie den Werth der Oculare untersehätzten und ihren Instrumenten verhältnissmässig viel zu sehwache Oculare beigeben. Bis zu einer bestimmten Grenze wäehst aber die optisehe Kraft eines Instrumentes mit der vergrössernden Kraft des Oculars; man braucht also nieht mit allzugrosser Aengstliehkeit die stärkeren Oculare bei Seite zu schieben.

Die zu untersuehenden Objecte kommen auf helle, reine Glasplatten zu liegen, und müssen, wenn sie nieht sehon an und für sich wie etwa Stärkekörnchen mikroskopische Körperchen sind, erst durch die Präparirinstrumente (Messer, Nadeln u. s. w.)

in eine Form gebracht werden, in welcher sie eine genaue Ansicht im durchfallenden Lichte zulassen. Der Anfänger macht fast immer den Fehler, dass er allzugrosse Mengen des zu untersuchenden Körpers unter das Mikroskop bringt; entweder sind die Schnitte zu dick, oder eine mittelst der Nadeln vorzunehmende Theilung der Substanz wurde ungenügend ausgeführt. An diesen Fehlern einer ungenügenden Präparation scheitern sehr häufig die Untersuchungen der Anfänger, und man kann nicht genugsam anrathen, so sorgsam als möglich zu präpariren, und sollten auch die Schnitte sehr klein ausfallen und die auf die Objectplatten gebrachten Körperchen der Betrachtung mit freiem Auge beinahe entgehen.

Die auf die Objectträger gebrachten Körper werden gewöhnlich, und zwar vornehmlich um ihre Lichtbrechung abzumindern, unter Flüssigkeiten (Wasser, fettes Oel, Terpentinöl u. s. w.) betrachtet und mit feinen Deckgläsehen gedeckt. Versucht man z. B. Stärkekörnchen im trockenen Zustande unter Mikroskop zu studiren, so wird man finden, dass in Folge der starken Liehtbrechung von Luft in Stärke, die Körnchen mit so breiten dunkeln Rändern erseheinen, dass schon dieser Umstand allein eine eingehendere Betrachtung dieser Körperchen unmöglich macht. Betrachtet man hingegen die Körnchen unter Wasser, so verschwinden nicht nur die breiten dunklen Säume, sondern es wird das Object klarer und lässt nun ganz deutlich seine innere Structur erkennen.

Figur 9.



Vergrösserung 300mal.
Kartoffelstärke *a* in Wasser,
b in Luft liegend.

Manchmal haben die Flüssigkeiten, in welchen man die mikroskopischen Objecte betrachtet, keine optische, sondern eine chemisehe Wirkung auszuüben. Man legt die Körper entweder noch bevor man sie mit dem Deckgläschen deckt, in diese Flüssigkeiten (z. B. Kalilauge, Schwefelsäure, Jodlösung u. s. w.) ein, oder lässt, wenn es sich darum handelt, die sueeessiven Wirkungen eines Reagens auf einen bestimmten Körper unter Mikroskop zu verfolgen, die betreffende Flüssigkeit vermittelst eines Glasstabes vom Rande des Deckgläschens

zum Objecte zufliessen. — Die Vorsichten, die der Mikroskopiker anwenden muss, damit die Objective nicht Schaden leiden, ergeben sich für denjenigen von selbst, der mit den elementärsten chemischen Kenntnissen ausgerüstet ist, die man wohl bei demjenigen voraussetzen muss, der vom Mikroskope ernstlichen Gebrauch machen will, wesswegen ich dieselben hier übergehe.

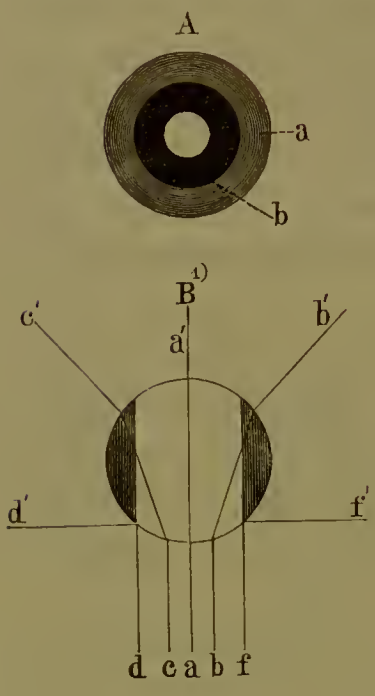
Die Deckgläschen üben, vornehmlich bei starken Vergrösserungen, einen merklichen Einfluss auf die Reinheit und selbst Richtigkeit des Bildes aus, so zwar, dass es bei Anwendung eines bestimmten Objectives durchaus nicht gleichgültig ist, ob das zu untersuchende Object bedeckt oder unbedeckt ist, ja selbst nicht gleichgültig ist, ob dünne oder dicke Glasplättchen zur Bedeckung angewendet werden. Die meisten Optiker nehmen nun schon bei Anfertigung von Mikroskopen auf den Einfluss des Deckplättchens Rücksicht, indem sie die Objective nach Probeobjecten, welche überdeckt sind, schleifen. Bei Anwendung solcher Objective muss der zu beobachtende Gegenstand stets unter Deckglas angesehen werden. Für unbedeckte Objecte schleift gegenwärtig meines Wissens kein Optiker seine Objective; wohl aber richten manche Mikroskopverfertiger die Objective derart ein, dass sie sowohl für bedeckte als unbedeckte Objecte dienen können. Da nämlich das Deckglas die Grösse der sphärischen Aberration des Objectivs beeinflusst, mithin gerade so wirkt, als hätte man die Distanzen der achromatischen Linsensysteme geändert, so bringt der Optiker am Objectiv eine Art Auszug an, von dem man bei Benützung von Deckgläsern Gebrauch macht.

Bei nicht sorgfältiger Reinigung der Objectplatten und Deckgläser bleiben kleine Staubtheilchen auf diesen zurück, oder gelangen Staubtheilchen und Fasern des zum Reinigen benutzten Tuches auf dieselben, die dem Anfänger zu Täuschungen Veranlassung geben können. Es ist daher nothwendig, diese Körper kennen zu lernen. Zu diesem Behufe bringe man kleine Stärkekörnchen (von Weizen- und Roggenmehl), Fasern von Vogelfedern, sodann Leinen- und Baumwollenfasern, Körper, die fast nie im atmosphärischen Staube fehlen, auf die Objectplatte und studire gleich anfänglich ihre Formen. In Betreff der Gewebefasern ist

hervorzuheben, dass man nicht nur unveränderte, sondern vornehmlich in den Geweben schon ausgenützte Fragmente kennen zu lernen trachte; gerade die letzteren, höchst charakteristische Zerstörungserscheinungen an sich tragenden Faserfragmente treten dem Beobachter oft ganz unvermuthet in den mikroskopischen Bildern entgegen.

Auch mit der Form und dem Aussehen der Luftblasen, die in den zwischen den Glasplatten eingeschlossenen Flüssigkeiten beinahe nie fehlen, mache man sich gleich anfangs bekannt. Man braucht das eine Flüssigkeit bedeckende Deckgläschen mit einer Nadel nur mehrmals abzuheben, um diese Gebilde in verschiedenen Grössen und in grossen Mengen zu erhalten.

Figur 10.



Figur 10 *A* zeigt das mikroskopische Bild einer in einer Flüssigkeit schwebenden Luftblase. Der dunkle Ring *a* entsteht durch totale Reflexion des Liehtes und erscheint in allerdings mit dem Brechungsindex der Flüssigkeit wechselnder Breite an jeder Luftblase. *b* ist das Bild eines Blendloches, hervorgerufen durch die als Zerstreuungslinse wirkende Luftblase [1]).

Manche auf der Hornhaut des Beobachters schwimmende Flüssigkeiten und andere im Innern des Auges (Glaskörper) vorkommende Körper könnten den Anfänger leicht irreleiten; darum dürfte es nicht unzweckmässig sein, diese entoptischen Erscheinungen, die man alle auch beim Sehen mit unbewaffnetem Auge hervorrufen kann, hier in Betracht zu ziehen. — Bohrt man in ein dickes, nicht durchscheinendes Papier mittelst einer Nadel ein feines Loch, legt dasselbe knapp an eines der Augen,

[1]) Figur 10 *B* stellt einen Vertikal-Durchschnitt durch *A* dar, um das Entstehen des Ringes der totalen Reflexion anschaulich zu machen. Der Lichtstrahl aa' geht ungebrochen durch die Luftblase; die Strahlen *b* und *c* werden nach b' und c' gebrochen, *d* und *f* nach $d'f'$ total reflectirt. Alle Strahlen ausserhalb *d* können nicht mehr ins Auge gelangen und erzeugen einen dunkeln Rand, welcher in Figur 10 *A*, *a* zu sehen ist.

während man das andere schliesst, und sieht auf einen beleuchteten Gegenstand, z. B. auf eine weisse Wand, oder gegen den Himmel, so erblickt man ein hellerleuchtetes, scharf begrenztes, kreisförmiges Gesichtsfeld. Der umschliessende Kreis desselben wird kleiner, wenn man das zweite Auge öffnet und vergrössert sich wieder beim Schliessen desselben. Innerhalb des Kreises sieht man verschieden gestaltete Körper, entweder in Form von matten oder scharf gezeichneten kleinen Kreisen, die einzeln oder in perlschnurförmigen Reihen stehen, oder in schraubenähnlichen Gestalten, nach abwärts sich bewegen. Die scharfgezeichnete kreisförmige, das Gesichtsfeld begrenzende Linie, die sich beim Schliessen und Oeffnen des nicht beobachtenden Auges vergrössert und verkleinert, ist das entoptische Bild des Iris-Randes, oder wenn man will, der Pupille, die sich nicht nur an dem unbedeckten, sondern auch an dem durch die feine Oeffnung durchsehenden Auge, und zwar hier in Folge Mitbewegung, vergrössert und verkleinert. Die matten vereinzelten, oder zu perlschnurartigen Gruppen vereinigten kleinen, im vertikal gestellten Gesichtsfelde hinabsinkenden Kreise sind die entoptischen Bilder von feinen, über die Hornhaut fliessenden Schleimabsonderungen; die zähen, matten, schraubenförmigen Gebilde rühren von Aussonderungen der Meibom'schen Talgdrüsen, endlich die scharfen, meist vereinzelten Kreischen, von im Glaskörper herumschwimmenden Körperchen her, deren Bilder sich, wegen der geringen Entfernung von der Nervenhaut des Auges durch grosse Schärfe auszeichnen. — Das Gesichtsfeld des Mikroskopes bietet uns gleiche Beleuchtungsverhältnisse, wie das Sehfeld dar, welches wir durch die feine Oeffnung erblicken; wir dürfen uns deshalb nicht wundern, die genannten Erscheinungen auch während der mikroskopischen Beobachtung zu erblicken. Der Innenrand der Iris wird bei Benützung des Mikroskopes wohl nur selten gesehen werden. Ich erblicke denselben jedesmal, wenn ich statt des Doppeloculars blos die Ocularlinse auf die Mikroskopröhre auflege, und nehme selbst die durch die Beleuchtungsverhältnisse bedingte Grössenänderung der Pupille wahr, besonders deutlich, wenn ich das Gesichtsfeld plötzlich grell beleuchte. Die übrigen früher angeführten entoptischen Erscheinungen wer-

den hingegen jedem Beobachter, dem Einen reichlicher, dem Andern sparsamer entgegentreten; sie hängen eben ganz von der Individualität des Auges ab, und aus diesem Grunde wird der angehende Mikroskopiker ganz wohl daran thun, wenn er die seinem Auge eigenthümlichen entoptischen Erscheinungen kennen zu lernen trachtet. Auch die Schattenbilder der Wimpern und der Ränder des Augenlides treten bei der mikroskopischen Beobachtung manchmal dem Beobachter entgegen; dieselben sind aber so leicht zu deuten, dass sie nie zu Irrthümern Veranlassung geben können.

Manchen Täuschungen, die ihren Grund in Beugungs- und Interferenzerscheinungen haben, ist der Anfänger unterworfen. Luftblasen und ähnliche scharfumschriebene Körper zeigen in Folge von Beugung, schmale, scharfbegrenzte Säume, die der Ungeübte leicht geneigt wäre, als diese Körper umhüllende Schichten, etwa Membranen anzusprechen; durch vergleichende Betrachtungen der Veränderungen dieser Säume bei geänderten Einstellungen und Beleuchtungsverhältnissen lassen sich aber solche Erscheinungen leicht auf die wahren Ursachen zurückführen. Durch Aenderungen der Einstellung verschwinden die Säume rasch, durch schiefe Beleuchtung stellen sie sich auf die dem Spiegel gegenüberliegende Seite des Objectes, bei Beleuchtung mit auffallendem Lichte verschwinden sie ganz.

An manchen Objecten, z. B. bei manchen kieselpanzerigen Diatomeen (eine Gruppe von Algen) treten grelle Interferenzfarben auf; dieselben verschwinden bei Anwendung starker Vergrösserungen, besonders bei gleichzeitiger Anwendung des auffallenden Lichtes [1]).

An manchen Objecten treten Interferenzfarben blos bei bestimmten Vergrösserungen auf. So finde ich z. B., dass Baumwollen- und Leinenfasern zwischen Glasplatten in Luft gelegen, bei 200—300facher Vergrösserung deutliche Interferenzfarben zeigen. Bei der ersteren liegen die Farben in unregelmässigen Spirallinien (parallel der Cuticula) bei der letzteren in der Richtung des Contours der Zelle (parallel den Verdickungsschichten).

---

[1]) Siehe Harting. Das Mikroskop pag. 353.

Vergrösserungen von 400 und darüber, machen die Interferenzfarben in beiden Fällen verschwinden.

Bei Beurtheilung der Färbung eines Objectes hat man stets zu achten, ob die Beobachtung im auffallenden oder durchfallenden Lichte gemacht wurde, da bekanntlich manche Substanzen, z. B. die Blutkörperchen hierbei ein verschiedenes Verhalten zeigen. Die Blutkörperchen beispielsweise erscheinen in Folge Dichroismus der sie färbenden Substanz im reflectirten Lichte roth, im durchgelassenen grünlich. — Auch darf nicht unberücksichtigt gelassen werden, dass die Färbung der Objecte mit der Zunahme der Vergrösserung des Mikroskopes verblasst, wesswegen bei Untersuchungen, in welchen vornehmlich auf die Färbung der Objecte Rücksicht genommen werden soll, die Anwendung möglichst schwacher Vergrösserungen anzurathen ist.

So gross die Zahl der Nebenvorrichtungen ist, welche man beim mikroskopischen Studium mancher histologischer und physiologischer Fragen benöthigt (heizbarer Objecttisch, electrischer Apparat u. s. w.), so gering ist die Zahl der Nebenapparate, die der Mikroskopiker zur Lösung noch so schwieriger technischer Fragen benöthigt. Zum Präpariren der Objecte sind nothwendig einige feine Nadeln (am besten Nähnadeln, welche an prismatischen Griffen durch Schräubchen festgemacht werden), sie dienen vornehmlich zur Zerfaserung, z. B. von Papier und Geweben; zweierlei Arten von Messern: schmal- und gleichzeitig derbklingige Messer zum Schneiden härterer Gegenstände (z. B. Holz), und Messer mit sehr breiter, gegen die Schneide zu dünner Klinge (am besten planconcav geschliffene Rasiermesser) zum Schneiden weicher Gegenstände (z. B. Runkelrübe); endlich eine oder mehrere feine und grobe anatomische Scheeren. Bei Untersuchung von Hölzern wird eine kleine Säge gute Dienste leisten. Zum Schärfen der Präparirwerkzeuge und ebenso zum Schleifen mancher Objecte (Knochen, Steinkerne u. dgl.) benöthigt man Schleifsteine.

Ferner sind unentbehrlich auf dem Arbeitstische des Mikroskopikers eine Weingeistlampe, eine grössere Zahl von cylindrischen Probegläschen zum Einlegen von Substanzen in Flüssigkeiten und zum Erwärmen in denselben, ferner einige Glasstäbe, eine hinreichende Anzahl von Objectplatten und Deckgläschen und eine grössere Anzahl von Fläschchen zum Aufbewahren der mikrochemischen Reagentien. — Da man die Flüssigkeiten tropfenweise auf den Objectträger bringt, oder tropfenweise vom Rande des Deckglases zum Objecte zuströmen lässt, und die Anwendung von Glasstäben umständlich ist, so ist die Benützung von Fläschchen mit glasstabartig verlängertem Stöpsel (Stiftfläschchen) anzurathen.

Die wichtigsten mikrochemischen Reagentien sind: Destillirtes Wasser, Alkohol, Aether; fettes Oel (Olivenöl), Essigsäure, Schwefelsäure, Salzsäure, Salpetersäure, Chromsäure,[1]) Kalilösung, Ammoniak, Jodlösung (wässerige, oder noch besser eine verdünnte weingeistige Lösung) Eisenchlorid, Kupferoxydammoniak[2]) schwefelsaures Kupferoxyd, und noch einige andere Substanzen, auf welche ich an den betreffenden Stellen der folgenden Abschnitte noch besonders aufmerksam machen werde[3]).

---

[1]) Reine Chromsäure bringt die zu erzielenden Veränderungen (Auflösung der Intercellularsubstanz, Schichtung der Stärkekörner etc.) nicht hervor, wohl aber, wie ich gefunden habe, ein Gemisch von Chromsäure und Schwefelsäure, das man am einfachsten durch Mischen von doppeltchromsaurem Kali und überschüssig zugesetzter Schwefelsäure erhält. Man verdünne, nach der Auflösung der ausgeschiedenen Chromsäure, mit dem gleichen Volum Wasser. Das in dieser Flüssigkeit aufgelöste doppeltschwefelsaure Kali behindert in keiner Weise die Reactionen.

[2]) Das Kupferoxydammoniak soll in möglichst frischem Zustande benützt werden. Ich bereite es durch Einwirkung von etwa 16procentigem Ammoniak auf Kupferdrehspäne bei ungehemmtem Luftzutritt (im offenen Fläschchen) und benütze es erst dann und nur so lange, als es Baumwolle rasch zerstört.

[3]) Die in diesem Abschnitte gebrachten Ausführungen dürften für die im Buche angestrebten Zwecke vollständig ausreichen. Eine eingehende Behandlung findet das Mikroskop und dessen Gebrauch in den beiden trefflichen Werken: P. Harting. Das Mikroskop. Aus dem Holländischen übertragen von Theile, Braunschweig 1859 (während des Druckes der vorliegenden Schrift erschien Harting's Werk in zweiter Auflage), und C. Nägeli und Schwendener. Das Mikroskop. Leipzig 1865.

ZWEITER ABSCHNITT.

Die Zelle im Allgemeinen.

Sämmtliche Pflanzen und Thiere bestehen aus kleinen Elementarorganen, die man schon seit ihrer, in der Mitte des 17. Jahrhunderts erfolgten Entdeckung bis auf den heutigen Tag mit dem Namen Zellen bezeichnet, obwol diese Gebilde nicht stets, wie dies der Name andeutet, hohl sind.

Pflanzen- und Thierzelle tragen gewisse gemeinsame Charaktere, die sich auf Grösse, feineren Bau, chemische Zusammensetzung und Entwickelung beziehen.

Was vorerst die Grösse der Elementarorgane anlangt, so ist dieselbe in den meisten Fällen eine nach allen drei Dimensionen des Raumes, mikroskopische. So bestehen z. B. die Haare, Knochen, Knorpel der Thiere, die Oberhaut der Pflanzen, das sogenannte Fleisch der Früchte durchwegs aus mikroskopischen Elementen. Manche Pflanzenzellen, z. B. die Baumwollenhaare, die Leinenfasern sind nach einer Dimension makroskopisch, nach den beiden Dimensionen des Querschnittes hingegen mikroskopisch entwickelt. Aeusserst selten treten Elementarorgane mit ganz deutlich sichtbaren Körperformen auf, so dass ihr ganzer Umriss mit freiem Auge gesehen werden kann[1]).

[1]) Man beobachtete diesen Fall der Grössenentwicklung an einer einzelligen Meeresalge (Caulerpa), die oft mehrere Zoll lang ist und stellenweise mehrere Linien breite Querschnitte darbietet.

Der Zweck, den die Natur durch die fast durchwegs mikroskopische Anlage der Elementarorgane erzielte, ist leicht einzusehen, und dürfen wir denselben keineswegs übergehen. Bekanntlich wächst die Oberfläche eines Körpers im Verhältnisse zum körperlichen Inhalte mit der Abnahme der Körpergrösse, so dass beispielsweise eine Kugel mit dem Durchmesser von einem Millimeter eine relativ grössere Oberfläche als eine Kugel mit dem Durchmesser von einem Meter besitzt. Dieses Verhältniss macht es begreiflich, dass, wenn beide Kugeln mit Flüssigkeit erfüllte Blasen sind, die unter gleichen Verhältnissen der Verdampfung oder Membrandiffusion stehen, die erstere in einer bestimmten Zeit verhältnissmässig mehr Flüssigkeit, als die zweite Kugel durch Verdampfung verlieren, oder durch Diffussion austauschen wird. In der Kleinheit der Elementarorgane eines Gewebes ist also die Raschheit der Stoffbewegung innerhalb derselben begründet.

Der feinere Bau der Zellen ist seit Entdeckung der Zellen der vornehmlichste Gegenstand der mikroskopischen Forschung. Bis vor kurzer Zeit glaubte man, dass jede Zelle nothwendig aus drei Bestandtheilen bestehen müsse, nämlich aus einer festen hautartigen Hülle, der Zellmembran, aus einer körnig-schleimigen, von der Hülle umschlossenen Flüssigkeit, dem Protoplasma (oder Plasma) und einem im Plasma liegenden festeren Körper, dem Zellkern (Nucleus oder Cytoblast), der selbst wieder in seinem Innern mehrere unterscheidbare Körperchen (Kernkörperchen, Nucleoli) birgt [1]).

Die neueren Forschungen, deren Resultate einerseits den Fortschritten in der optischen Leistung der Mikroskope, andererseits der exacteren Deutung der mikroskopischen Bilder zu danken sind, haben auf das Ueberzeugendste dargelegt, dass allerdings die drei genannten Bestandtheile sich an ungemein vielen Zellen vorfinden (beinahe an allen Pflanzenzellen), jedoch nicht nothwendig an jeder Zelle vorkommen müssen, und dass blos das Protoplasma der wahrhaft integrirende Bestandtheil der Zellen ist. Vornehmlich der Thierzelle fehlt

---

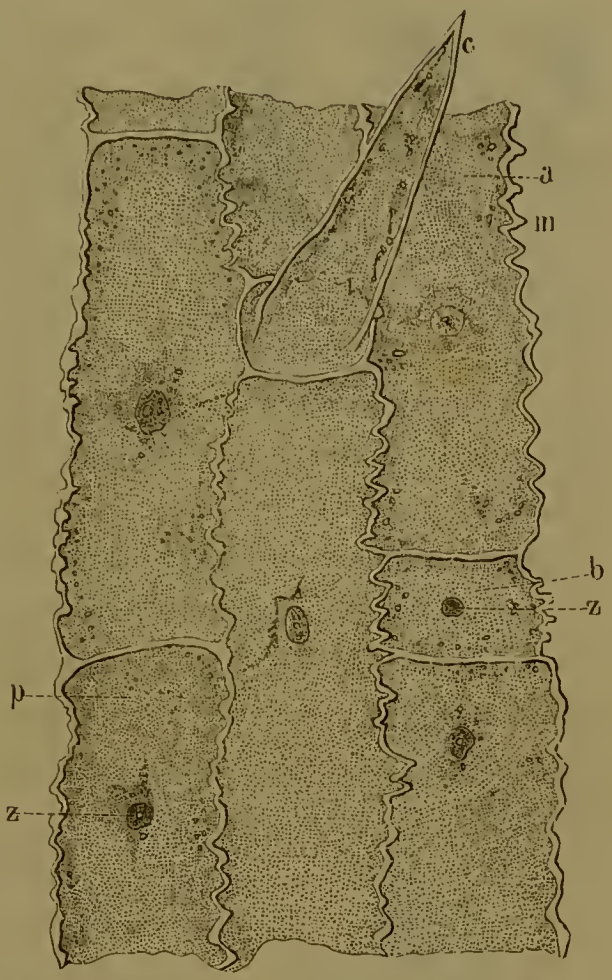
[1]) Schleiden und Schwann sind die Begründer dieses Zellenschema.

häufig die Membran und nicht selten der Kern, während ein nacktes, kernloses Plasma im Pflanzenreiche zu den Seltenheiten gehört [1]).

Figur 11 zeigt einige Zellen aus der jungen Oberhaut der Kolbenblätter oder „Lischen“ des Mais mit den drei Bestandtheilen: Membran, Protoplasma, Kern [2]).

Figur 12 stellt stark vergrösserte Hefezellen (Gährungspilze) vor, an denen man wohl Membram und Plasma, aber keinen Kern findet. Zur Zeit, als das Schleiden-Schwann'sche Zellenschema noch aufrecht erhalten wurde, versuchte man das in einzelnen Zellen zu einem Klumpen geballte Plasma und ebenso die kleinen tropfenförmigen Körperchen (sog. Vacuolen), welche stellenweise im sehr feinkörnigen Plasma einzelner Hefezellen auftreten, als Kerne zu deuten.

Figur 11.



Vergrösserung 380mal. Mit Protoplasma erfüllte Oberhautzellen von der Oberseite eines jungen Kolbenblattes der Maispflanze. *a*, *b*, *p* Protoplasma, *z* Zellkern mit dem Kernkörperchen, *m* Membran, *c* ein mit Protoplasma erfülltes Haar.

Die rothen Blutzellen (Blutkörperchen, fälschlich Blutkügelchen genannt) des Menschen und der Säugethiere bestehen blos aus einem geformten Stück Plasma, die Blutzellen der Amphibien aus Plasma und Kern.

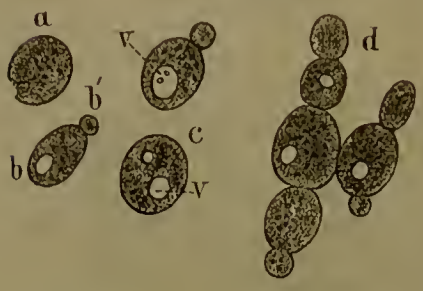
---

[1]) Die Bedeutung des Protoplasma wurde vornehmlich durch die Untersuchungen von Max Schulze und Brücke erfasst; ersterer zeigte, dass die Membran, letzterer, dass der Kern keine nothwendigen Bestandtheile der Zelle sind.

[2]) Die Präparation dieses Objectes und beinahe jeder andern Oberhaut gelingt sehr leicht. Die Oberhaut wird angeschnitten und mit dem Messer oder der Pincette gefasst, abgezogen und hierauf in einen Tropfen reinen Wassers eingelegt.

Der besonders in thierischen Geweben häufige Mangel an Zellmembranen hat die wahren Eigenschaften des Protoplasma erschlossen. Dieses ist durchaus nicht, wie man früher annahm, als eine Flüssigkeit, sondern als ein halb weicher, organisirter Körper zu betrachten, innerhalb welchem allerdings nicht selten Flüssigkeiten auftreten.

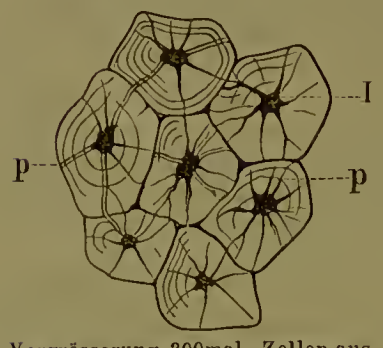
Figur 12.



Vergr. 600mal. Mit Protoplasma erfüllte Hefezellen aus frischer Bierhefe. *v* Vacoulen in Protoplasma.

Ueber die für unsere Zwecke höchst wichtige Struetur der Zellmembran, werden wir in anderen Abschnitten des Buches ausführlicher sprechen; hier sei nur erwähnt, dass die Membran immer ein Produet des Plasma ist und in höehst verschiedener Mächtigkeit auftreten kann, wornach man im Allgemeinen dünnwandige und dickwandige Zellen unterscheidet. Dünnwandig sind z. B. die Oberhautzellen in Figur 11, die Zellen aus dem Fleisch der Früchte, aus Blumenblättern; dickwandig die Bastzellen des Leines (Leinenfaser), die Zellen aus den Steinsehalen der Pflaumen und anderer Früchte (Figur 13) [1]).

Figur 13.



Vergrösserung 300mal. Zellen aus dem Steinkern der Pflaume. *l*, Innerer, mit Luft gefüllter Hohlraum der Zelle, *p*, Porenkanäle.

Die Entstehung und Entwicklung von Zellen zeigt bei allen Organismen grosse Uebereinstimmung. Vorerst muss bemerkt werden, dass Zellen nur wieder aus Zellen hervorgehen, und dass entweder das ganze Plasma einer Mutterzelle oder nur ein Theil desselben zur Bildung von neuen Zellen (Tochterzellen) verwendet wird.

Wie nun auch immer die Entstehung der Zelle vor sich gegangen sein mag, immer besteht sie im ersten Stadium ihrer Entwickelung aus hüllenlosem, oder blos

---

[1]) Die Struetur der Steinkerne ist etwas sehwieriger, als die von weieheren Geweben zur Ansehauung zu bringen, indem man, um das Gewebe im ganz unveränderten Zustande und durch grössere Streeken übersehen zu können, die Kernsehale sehleifen muss. Ein kleines Stück der Steinsehale wird dureh Siegellak auf Kork befestigt und zuerst auf einem groben, dann, blos

von einer sehr zarten Membran umschlossenen Stück Protoplasma, aus welchem alles hervorgeht, was dem Körper der sich weiter entwickelnden oder der fertigen Zelle angehört.

In den Geweben der Pflanze wird das Plasma einer Zelle in der Regel zum Aufbaue einer mehr oder minder dicken Membran verwendet, so besteht z. B. das Holz beinahe ganz aus dicken Zellmembranen, die aus dem Plasma der jungen Zellen hervorgingen; in den thierischen Geweben hingegen bleibt die Zelle entweder bis an's Lebensende auf dem protoplasmatischen Zustande stehen (Blutzellen) oder es umhüllt sich das Plasma mit starren Membranen (Oberhaut) oder endlich es wird das Protoplasma zu einem starren, homogenen soliden Körper umgesetzt, wie z. B. in den feinsten Fasern der Sehnen und der Lederhaut (Figur 14).

Figur 14.

Vergrösserung 300mal. Fasern aus der äusseren (dichten) Schichte des Kalbleders.

Die Entwickelung der Zellmembran folgt den gleichen Gesetzen bei der Pflanzen und Thierzelle. Es wandelt sich nämlich das Plasma in seinem Umkreise in contractile Hüllen (Hautschichten des Plasma) um, die frühzeitig (bei allen Pflanzenzellen), oder erst später (viele Thierzellen) erstarren.

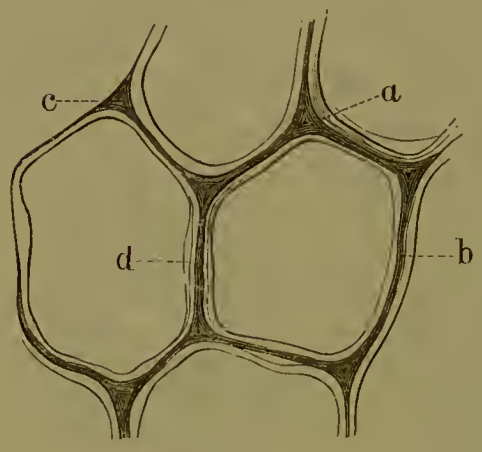
Je rascher die Hautschichten ihre Contractionsfähigkeit verlieren, je grösser also die Differenz zweier nachbarlicher Membranschichten ist, desto leichter ist die Anwesenheit einer Hautschichte ersichtlich zu machen. Beinahe an jeder Pflanzenzelle gelingt dies ungemein leicht, hingegen nur an äusserst wenigen Zellen thierischer Gewebe (blos im Knorpelgewebe); ich werde deshalb die Hautschichte, als ein mit charakteristischem Gepräge nur in den Pflanzengeweben häufiges Gebilde erst im Abschnitte über die Pflanzenzelle genauer beschreiben.

---

durch den Finger geführt, auf einem feinen Schleifstein so lange geschliffen, bis es durchscheinend geworden ist. Durch Einlegen in Weingeist, später in Terpentinöl und Einschliessen in Canadabalsam oder Damarlack kann man die Transparenz bedeutend steigern. Ganz kleine Fragmente, die aber stets nur aus wenigen Zellen bestehen, kann man durch ein Messer mit sehr derber Klinge von der Masse der Steinschale absprengen.

Mit dem Erstarren der Hautschichten hört der Umbildungsprocess der Membran nicht auf; die starr gewordenen Schichten der Zellhaut gehen vielfache chemische und Formänderungen ein, ein Umbildungsproeess, der sich am schärfsten im Umkreise der Zelle (also in den ältesten Theilen der Membran), dort wo sie mit den Nachbarzellen zusammentritt, kundgibt. Hier geht die Formänderung der Membranschichten bis zum gegenseitigen Verschmelzen derselben, so dass es den Anschein gewinnt, als hätte sich zwischen die nebeneinanderstehenden Zellen ein eigenes, homogenes Bindemittel eingeschoben. Bis zu den letzten Jahren glaubte man nun wirklich an ein solches besonderes Bindemittel und nahm an, dass es von den Zellen ausgeschieden werde. Wenn man nun heute diesem scheinbaren Bindemittel noch denselben Namen wie zur Zeit dieser Vorstellungen beilegt, den Namen Intercellularsubstanz, so versteht man heute doch etwas ganz Anderes darunter, nämlich ein an der Grenze der Elementarorgane gelegenes, homogen erscheinendes Umwandlungsproduct der Zellhaut.

Figur 15.



Vergrösserung 300mal. Zellen aus dem saftreichen Gewebe der Runkelrübe, nach kurzem Liegen in Kalilauge, wobei die Intercellularsubstanz *b*, *c* aufquoll. *d* Zellwand. Der Deutlichkeit wegen wurde die Intercellularsubstanz schraffirt.

Die sogenannte Intercellularsubstanz der thierischen Gewebe ist von jener der Pflanzengewebe chemisch stets verschieden. Erstere wird stets und zwar rasch durch Kupferoxydammoniak[1]) in Lösung gebracht, letztere von diesem Reagens, gar nicht angegriffen, hingegen stets rasch durch Chromsäure zerstört[2]). Ein Haar oder ein Stück Knorpel wird durch Kupferoxydammoniak, Kork

[1]) Wiesner. Die Einwirkung des Kupferoxydammoniaks auf thierische Gewebe und Gewebselemente. Sitzungsberichte der kaiserl. Akademie der Wissenschaften. Band 48.

[2]) Schacht hat zuerst heisse Chromsäure als Lösungsmittel für Intercellularsubstanz angewendet. Dass eine kalte Lösung genügt, wurde gleichzeitig von Kabsch und mir nachgewiesen. S. botan. Zeitung 1866 Nr. 13. ferner die erste Anmerkung auf Seite 38.

oder Holz durch Chromsäure in seine zelligen Elemente in Folge der Auflösung der Intercellularsubstanz zerlegt.

In stofflicher Beziehung zeigen Pflanzen- und Thierzellen nur insoferne eine Uebereinstimmung, als das Protoplasma beider stets aus Körpern besteht, welche in die Reihe der Eiweissubstanzen gehören. Aber sowie die zur Intercellularsubstanz gewordenen Membranschichten der Thier- und Pflanzenzelle stofflich differiren, ebenso verhält es sich mit sämmtlichen, bereits starr gewordenen Schichten der Zellmembran. Die starren Zellwände der thierischen Gewebe bestehen nämlich durchwegs aus stickstoffhaltigen Substanzen (meist Eiweiskörper oder Chondrin), die der pflanzlichen Gewebe hingegen durchgängig aus stickstofffreien Körpern (meist Kohlenhydraten, vorzugsweise Cellulose); die noch contractilen Schichten der Zellmembran (Hautschichten des Plasma) bestehen in beiden Kategorien von Geweben aus Eiweiskörpern. —

Alle jene Zellen, in denen eine deutliche Zellmembran auftritt (vorzugsweise Pflanzenzellen) lassen stets einen Zellinhalt erkennen; dieser ist allerdings anfangs stets Plasma, bleibt aber nicht immer auf dem protoplasmatischen Zustande stehen, d. h. er stellt nicht stets einen körnigen, aus Eiweissubstanzen bestehenden Schleim dar, sondern es treten andere Körper: Fetttropfen, organisirte Körnchen, z. B. Stärkekörner, Krystalle, Luft etc. in diesem Zellinhalte auf, wie ich noch näher bei Betrachtung der Pflanzenzelle auseinandersetzen werde.

Sowohl Pflanzen- als Thierzellen treten theils einzeln, theils zu Geweben verbunden auf. Die Blutzellen im Blute der Rückgraththiere und die Speichelkörperchen einerseits, andererseits die Hefezellen, ferner die den Blüthenstaub zusammensetzenden Pollenkörner sind Repräsentanten für vereinzelt auftretende Zellen; Oberhaut, Knochen und Knorpel der Thiere, Oberhaut, Holz und Fruchtfleisch der Pflanzen sind Repräsentanten von Zellgeweben.

DRITTER ABSCHNITT.

Die Pflanzenzelle.

I. Der Bau der Pflanzenzelle.

Alle Organe der Pflanzen bestehen aus kleinen, fast ausschliesslich bläsehenförmigen oder hohlfaserigen Elementen, an denen man eine starre Umhüllung und einen entweder plasmatisehen, oder tropfbar flüssigen, oder aueh gasförmigen Inhalt unterscheidet; die Elementarorgane der Pflanzen tragen deshalb mit weitaus grösserem Reehte den allgemeinen Namen Zellen, als die Elemente des Thierkörpers.

Nur äusserst wenigen, auf niederer Stufe der Organisation stehenden Entwieklungsformen von Pflanzen kommen Elementarorgane zu, die keine membranartige Umhüllung besitzen (die nieht selten auf Gerberlohe vorkommenden Plasmodien der Sehleimpilze). Dieselben haben aber für uns ein so untergeordnetes Interesse, dass wir sie füglieh übergehen und als wesentliehe Bestandtheile der Pflanzenzelle Membran und Inhalt bezeichnen können. Der Inhalt jugendlieher Zellen führt ungemein häufig den sehon im vorigen Kapitel genannten Zellkern, der aber, wie dort angegeben wurde, hin und wieder, z. B. in den Hefezellen fehlt.

Nur verhältnissmässig wenige dem Pflanzenreiche angehörige Zellen treten frei oder unverbunden auf, die meisten sind zu mehr oder minder grossen Gruppen — Geweben — vereinigt. Freie Pflanzenzellen sind die Sporen (Fortpflanzungszellen) der Pilze und der andern Kryptogamen, die Hefezellen, welche verschiedener Abstammung sind, zum Theile aber aus Pilzsporen bestehen, Pollenkörner u. s. w. Als Beispiele für Pflanzengewebe nenne ich hier: die Oberhaut, die man von den meisten Organen in Form eines feinen, zusammenhängenden Häutchens abziehen kann, das Holz, das „Fleisch“ der Früchte und rübenartigen Wurzeln, den Kork u. s. w.

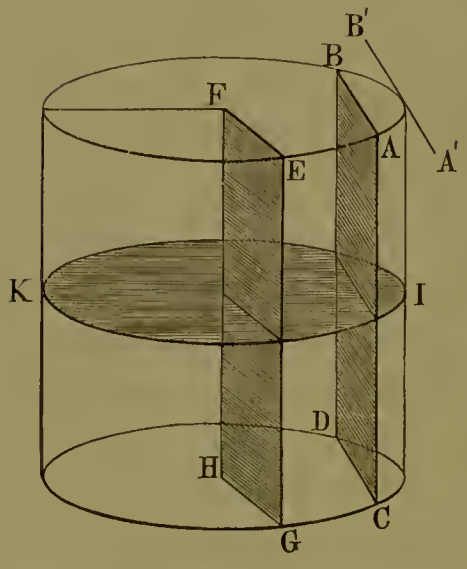
Um die Form einer Zelle, die nicht schon von Natur aus isolirt auftritt, kennen zu lernen, ist es nothwendig, diese entweder aus dem Verbande des Gewebes herauszulösen, zu isoliren, oder sie in verschiedenen Durchschnitten zu betrachten.

Die Isolirung der Elemente eines Gewebes gelingt nicht immer auf eine und dieselbe Weise, da der Körper, welcher an den äussersten Zellgrenzen auftritt — die Intercellularsubstanz — ein sehr verschiedenes Verhalten gegen Reagentien zeigt. Die Zellen aus den bekannten, im Herbste reifenden Beeren des Ligusters (*Ligustrum vulgare*) können schon durch kaltes Wasser von einander gelöst werden; nicht so die Zellen der Kartoffel, die sich erst im kochenden Wasser von einander lostrennen. Die Zellen aus dem saftreichen Gewebe der Runkelrübe treten wohl allerdings durch Kochen einer Gewebspartie in Wasser an einzelnen Stellen auseinander, weitaus vollkommener gelingt hier die Isolirung durch Erwärmung in einer Lösung von Oxal- oder Citronsäure. In den Geweben des Holzes, des Korkes, der Rinde, der meisten pflanzlichen Oberhäute führen all' die genannten Reagentien nicht zum Ziele. Man hat die genannten Gewebe bis in die jüngste Zeit im Schulz'schen Reagens (Lösung von chlorsaurem Kali in Wasser mit Salpetersäure gemischt) gekocht, zerlegte aber die Zellgruppen oft erst in einem Momente in ihre Elemente, in welchem dieselben bereits auf das Heftigste demolirt waren; weitaus zweckmässiger ist es, die schon genannte Chromsäure in Anwendung

zu bringen. Dieselbe isolirt schon im kalten Zustande, rasch, sicher, ohne im entferntesten die Zellen so, wie das Schulz'sche Reagens anzugreifen; zudem geht die Operation ganz ruhig vor sich, man kann sie auf dem Objectträger mit einem Tropfen des Reagens ausführen. — Aus diesem höchst verschiedenen Verhalten der sogenannten Intercellularsubstanz der Pflanzengewebe ergibt sich auf das Bestimmteste, dass die stoffliche Beschaffenheit dieses Körpers je nach der Art des Gewebes, in welchem er auftritt, sehr verschieden ist. Eine ausreichende Zahl von Beobachtungen hat jedoch gelehrt, dass jede, wie immer beschaffene Intercellularsubstanz vegetabilischer Gewebe durch Chromsäure in Lösung zu überführen ist.

Um aus Durchschnitten auf Gestalt und Structur von Zellen schliessen zu können, ist es nothwendig, den betreffenden Pflanzentheil in drei aufeinander senkrecht stehenden Richtungen zu durchschneiden und parallel jeder dieser drei Richtungen ein möglichst dünnes Scheibchen (Schnitt) abzutragen. Diese drei Durchschnitte sind: der Querschnitt, senkrecht auf die Axe des Organes geführt (Hirnholz ist ein auf dem Querschnitt gesehenes Holz), der Radialschnitt oder radialer Längsschnitt, ein parallel der Axe des Organes geführter Längsschnitt, der sich durchwegs aus in einer Ebene liegenden Halbmessern zusammensetzt, endlich der Tangentialschnitt oder tangentialer Längsschnitt, auch Secantenschnitt genannt, ein einer Tangirungsebene des Organes paralleler, durchwegs aus übereinanderstehenden Secanten zusammengesetzter Längenschnitt.

Figur 16.

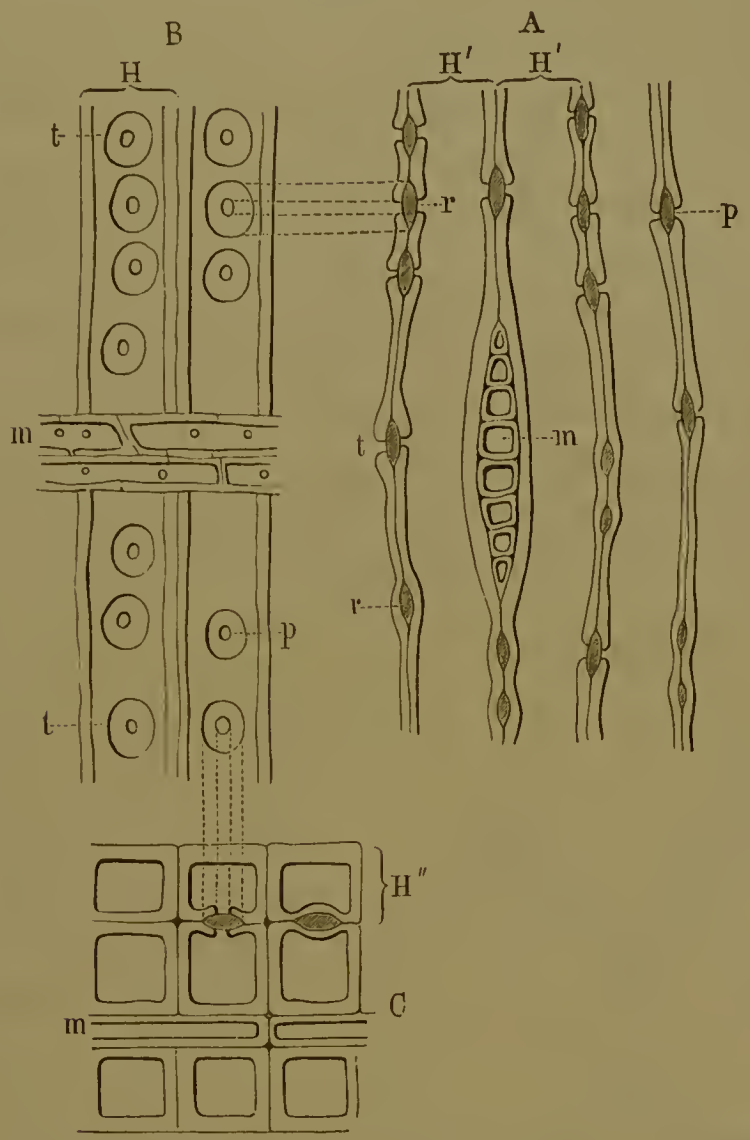


Schema der anatomischen Schnitte. *IK* Querschnitt, *ABCD* Tangentialschnitt, *EFGH* Radialschnitt.

Figur 17 zeigt die drei anatomischen Schnitte des Fichtenholzes, welche die Form der Holzzellen, Markstrahlen und den Bau der sogenannten Tüpfel der Holzzellen aufklären.

Durch die beiden genannten Methoden wird man in den Stand gesetzt, alsogleich Grösse und Gestalt der Zellen zu überblicken; durch genaueres Studium der auf die eine oder andere

Figur 17.



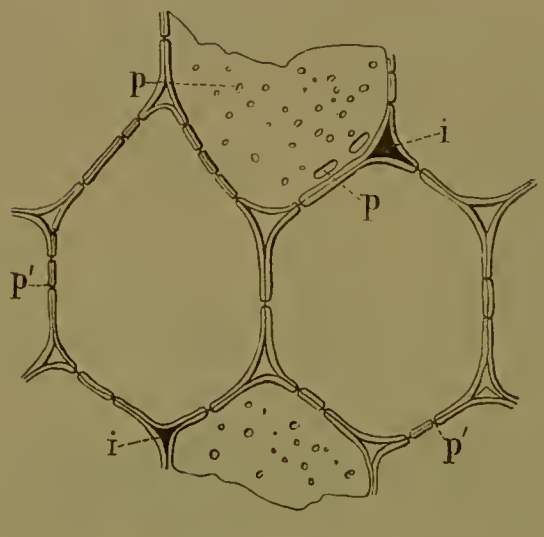
Verg. 250. Fichtenholz in den drei anatomischen Schnitten. *A* Tangentialschnitt, *B* Radialschnitt, C Querschnitt. *H H′ H″* Holzzellen, *m* Markstrahlen, *t* Tüpfel, *p* deren Poren, *r* linsenförmiger Tüpfelraum.

Art erhaltenen mikroskopischen Objecte erhält man Aufschluss über die Dicke der Zellwand, über ihre Structur und über die Qualität des Zellinhaltes.

Die Gestalt der Zelle ist im Allgemeinen wohl eine sehr variable, dennoch herrschen gewisse Formen vor. Zu diesen gehören: Kugeln, Ellipsoide, zwölfseitige Polyeder, Cylinder, Kegel, Prismen und Tafeln. Kugelformen zeigen viele Zellen der Hefe, viele Sporen und Pollenkörner. Ellipsoidische

Zellen finden sich in der Hefe, in jugendlichen Geweben saftreicher Früchte und Wurzeln; auch manche Pollenkörner und Sporen haben ellipsoidische Formen. Zwölfseitige Polyeder finden sich in solchen Geweben, deren Elemente anfänglich kugelig waren, und sich bei der Ausdehnung im begrenzten Raume gegenseitig in der Entwickelung hemmten. Aus geometrischen Gründen muss, bei vorausgesetzter gleicher Grösse der Zelldurchmesser, die genannte geometrische Form zum Vorschein kommen. Im Marke der Pflanzen sind solche Zellformen nicht selten. Cylindrische Formen mit kreisförmigem Querschnitte zeigen die Bastzellen vieler Pflanzen (z. B. die Leinenfasern), mit elliptischem Querschnitte die Baumwollenhaare; kegelförmige Gestalten haben viele Haare [1]). Durch gehemmte Entwicklung cylindrischer Zellen mit rundem (kreisförmigem oder elliptischem) Querschnitte entstehen prismatische Zellen mit entweder vier- oder sechsseitigem Querschnitte. Sind die Zellen neben und hintereinandergereiht, so entstehen vierseitig prismatische (Holzzellen der Nadelbäume [2]), sind sie auf das Minimum des Raumes zusammengerückt, also zwischeneinander gereiht, so entstehen aus leicht begreiflichen geometrischen Gründen sechsseitig prismatische Zellen. Tafelförmige Zellen kommen beinahe in allen Oberhäuten der Pflanzen vor. Die Zellen dieser Gewebe sind von der Fläche gesehen meist polygonal mit entweder geradlinigen oder wellenförmigen Contouren; ihre Höhe verschwindet gegen die beiden Dimensionen der Fläche. — Ein näheres Eingehen in die Formen

Figur 18.



Verg. 300. Querschnitt durch Holundermark. *ii* Luft führende Intercellulargänge. (Die übrigen Intercellulargänge erscheinen, da in dieselben bereits die Flüssigkeit, in welche der Schnitt eingelegt wurde, eindrang, farblos) *p* Poren der Zellwand von der Fläche, *p'* im Durchschnitte gesehen.

[1]) Figur 11, pag. 41.
[2]) Figur 17 *C* pag. 49.

der Pflanzenzelle halte ich für überflüssig; zur Erwerbung genauerer Kenntnisse hierüber muss man sich eben mit Fleiss und Ausdauer am Mikroskope beschäftigen.

Ueber die Grösse der Pflanzenzelle im Allgemeinen habe ich schon im vorigen Abschnitte das Wesentlichste mitgetheilt. Hier sei nur erwähnt, dass unter den Zellen mit durchaus mikroskopischen Dimensionen die grössten (im Mittel 0·1$^{mm.}$) in weichen, schwammigen oder saftigen Geweben, die von mittleren Dimensionen (im Mittel 0·03$^{mm.}$) in dichten, homogen erscheinenden Geweben (Rinde, Kork) vorkommen; endlich die kleinsten (im Mittel 0·005$^{mm.}$) Zellen zeigen viele Sporen [1]). — Die Dimensionen und Dimensionsverhältnisse der Zellen bieten dem Mikroskopiker vielfache Anhaltspunkte bei seinen Untersuchungen und tragen oft viel zur Erkennung der Objecte bei, weswegen hierauf bei den mikroskopisch-technischen Untersuchungen vielfach Rücksicht genommen werden muss. Beispielsweise sei hier schon erwähnt, dass viele technisch verwendete Bastzellen sich schon durch die Dimensionen des Querschnittes von einander unterscheiden. So misst z. B. der Querdurchmesser der

Leinenfaser im Mittel . . . . . 0·014$^{mm.}$
Hanffaser „ „ . . . . . 0.017$^{mm.}$
Maisfaser (aus der Maislische) im Mittel 0·03$^{mm.}$

Feinerer Bau der Zellmembran. Eine vergleichende Untersuchung jugendlicher, entwicklungsfähiger und schon entwickelter Zellen lehrt, dass die ersteren stets zarte, dünne, die letzteren hingegen meist derbe dicke Zellmembranen besitzen. Aber selbst überaus dünne Membranen bestehen stets aus zwei Häuten, von denen die äussere starr, die innere hingegen zusammenziehungsfähig ist. Der starre Theil heisst Zellwand, der contractile ist die schon im vorigen Kapitel genannte Hautschichte des Plasma (Primordialschlauch Mohl's).

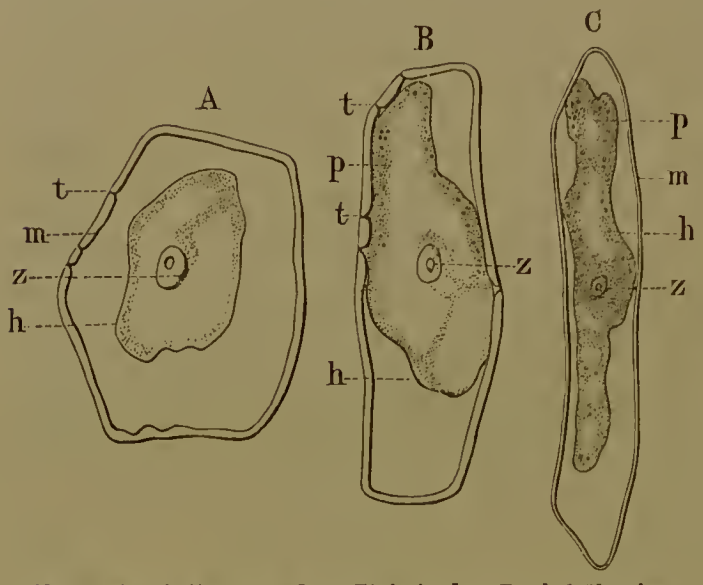
In allen lebenden Zellen ist eine Hautschichte vorhanden, sie legt sich aber so eng an die starre Wand an, dass sie ohne

---

[1]) Die kleinsten bis jetzt beobachteten Elementarorgane der Pflanzen (Sporen von *Palmella hyalina*) messen etwa 0·0003$^{mm.}$

vorhergegangene Contraction nicht in Erscheinung gebracht werden kann. Die Contraction der Hautschichte kann auf vielfache Art vorgenommen werden, durch Alkohol, durch eine concentrirte Zuckerlösung, durch Mineralsäuren (am besten Schwefelsäure). In sehr zucker- und eiweissreichen Zellen (Runkelrübe, gelbe Rübe etc.) gelingt die Contraction schon durch Kochen im Wasser (Figur 19).

Figur 19.



Verg. 350. Zellen aus dem Fleisch der Runkelrübe im Wasser gekocht, um die Hautschichte und die Menge des Protoplasma zu zeigen. *A*, *B* Parenchymzellen, *C* Cambiumzelle, *m* Zellwand, *t* Poren in derselben, *h* Hautschichte, *p* Protoplasma, *z* Zellkern.

In jeder lebenden Zelle findet man nur eine Hautschichte; im Laufe des Lebens einer Zelle treten aber hintereinander mehrere, oft sehr viele Hautschichten auf, die nach und nach zu den Schichten der Zellwand erstarren. Die ganze Zellwand, wie dick dieselbe auch sein mag, geht derart aus dem Protoplasma hervor, dass dasselbe zuerst zu einer hautartigen, contractilen Schichte gesteht, welche alsbald erstarrt; während des Erstarrens der ersten Schichte der Wand umkleidete sich neuerdings das Plasma mit einer Hautschichte, die bald darauf erstarrt u. s. w. [1]).

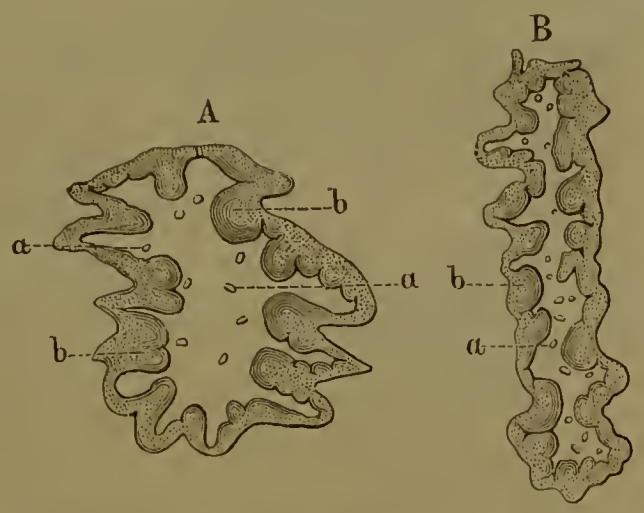
Die starre Zellwand entsteht, wie eben angedeutet wurde, aus nacheinander erstarrenden Hautschichten, weswegen es nicht befremden darf, dass wir sie immer geschichtet finden.

---

[1]) Die hier angeführte, durch gründliche Beobachtungen gestützte und allgemein als richtig angenommene Deutung der Hautschichte rührt von Pringsheim her, welcher auch den Namen Hautschichte in die Wissenschaft einführte. Hugo von Mohl, der dieses Gebilde zuerst genauer beschrieb, nannte es Primordialschlauch. Er glaubte, dass im Laufe des ganzen Zelllebens in jeder Zelle nur ein solches Gebilde existire, welches die einzelnen Wandschichten durch Stoffabgabe nach aussen (Secretion) nach und nach aufbaue.

In vielen Fällen zeigt die Zellwand ein ganz homogenes Aussehen. Durch Anwendung von Alkalien oder Mineralsäuren — am besten Chromsäure — ist man stets im Stande, die Schichtung zu constatiren. Die in Figur 20 abgebildeten Oberhautzellen der Maislische (Kolbenblatt des Mais) erscheinen unter Wasser gesehen, gänzlich homogen; erst durch die Einwirkung der Chromsäure tritt die Schichtung der Zellmembran hervor.

Figur 20.

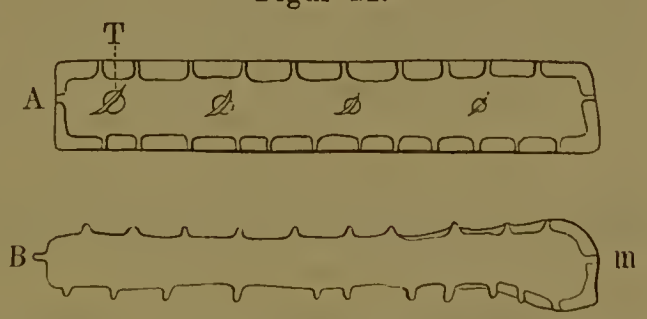


Vergr. 250. Oberhautzellen von der unteren Blattfläche der Maislische nach kurzer Einwirknng von Chromsäure. *a* Poren, *b* Schichten der Zellwand.

Die äusserste Schichte der Zellwand ist anfangs immer rundum geschlossen und bleibt es in der Regel stets; nur äusserst selten wird sie stellenweise aufgelöst. Sie ist ausnahmslos structurlos und führt den Namen primäre Membran.

Die innerste Schichte der Zellwand einer vollständig entwickelten, d. h. ihre Membran nicht mehr verdickenden Zelle hat mit der primären Membran eine grosse Aehnlichkeit, sie ist nämlich auch rundum geschlossen und stets structurlos. Sie legt sich eng an die über ihr liegenden Schichten an und überlagert als continuirliches Ganze alle durch die Zellverdickung hervorgebrachten Erhabenheiten und Vertiefungen. Diese Schichte der Zellwand führt den Namen tertiäre Membran oder Innenhaut. Nur in den wenigsten Zellen ist dieselbe schon ohne Anwendung von Reagentien sichtbar. Am leichtesten gelingt die Sichtbarmachung durch Chromsäure. Fig. 21

Figur 21.

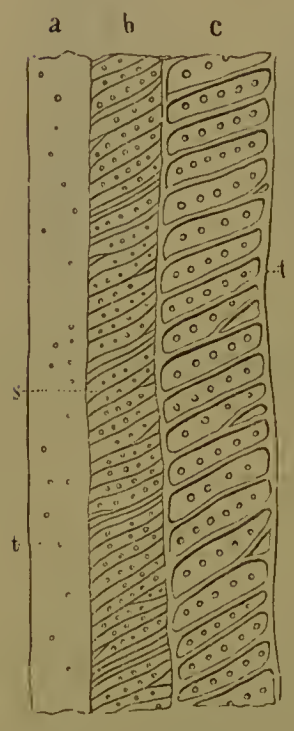


Verg. 300. Markstrahlenzellen der Tanne. *A* durch Chromsäure isolirte, sonst aber noch unveränderte Zelle. *T* Tüpfel der Zellwand, *B* Markstrahlenzelle, deren Wand blos bei *m* noch erhalten ist, sonst aber durch die Chromsäure bis auf die Innenhaut abgetragen wurde.

zeigt die durch diese Säure [1]) blosgelegten Innenhäute der Markstrahlzellen (Spiegelfasern) der Tanne (*Abies pectinata*).

Zwischen der primären und tertiären Membran liegen die Verdickungsschichten. Kommen dieselben in geringer Zahl vor, so nennt man die Zellen dünnwandig, bilden sie mächtige Lagen, so werden die betreffenden Zellen als dickwandig bezeichnet. Nie sind die Verdickungsschichten homogene, geschlossene Häute, wie die primäre und tertiäre Membran, sondern immer kömmt ihnen eine eigenthümliche Structur zu, welche der Zelle stets einen bestimmten Typus gibt. In den meisten Fällen sind die Verdickungsschichten einer Zelle untereinander ganz gleichartig. Sind sie es nicht, dann unterscheidet man nie mehr, als zwei von einander verschiedene Schichtensysteme, von denen man das ältere mithin äussere mit dem Namen „secundäre Schichten", das jüngere, mithin im Innern der Zelle gelegene, als „tertiäre Schichten" bezeichnet. Die tertiären Schichten fehlen, wie erwähnt, in vielen Zellen, nie fehlt die tertiäre Membran. Um Verwechselungen vorzubeugen werden wir in der Folge die letztere stets als „Innenhaut" ansprechen.

Figur 22.



Verg. 300. Gefässe des Lindenholzes. *a* unentwickeltes Gefäss, *b c* entwickelte Gefässe, *t* Poren der secundärenVerdickungsschichten, *s* tertiäre Verdickungsschichten in Form von Spiralen.

Die Verdickungsschichten lagern sich häufig in Form von Häuten ab, die stellenweise die primäre Membran unbedeckt lassen, mithin durchlöchert sind. Hierdurch entstehen die Porenzellen oder porösen Zellen. Die Löcher in den Verdickungsschichten werden, je nachdem sie in mehr oder minder mächtigen Zellwänden liegen, als Porenkanäle oder Poren bezeichnet. [2])

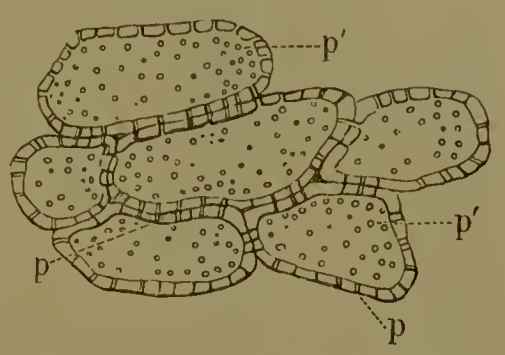
---

[1]) Ueber die Darlegung der tertiären Membran durch dieses Reagens s. Wiesner, Untersuchungen über die Zerstörung des Holzes an d. Atmosph. Ber. d. kais. Akademie d. Wiss. Bd. 49.

[2]) Ausser den beistehenden Fig. 22 und 23 dienen noch zur Erklärung der Poren Fig. 19, 20, 21.

Manche Zellen, z. B. die Markstrahlenzellen der Tanne (Fig. 21) sind reich, andere, z. B. die Zellen aus dem saftigen Gewebe der Runkelrübe (Fig. 24) arm an Poren, und sind dieselben nur auf einzelne Theile der Zellwand beschränkt. — In manchen langstreckigen, prismatischen Zellen laufen längliche, in die Quere gestreckte Poren auf die Kanten des Prisma zu und geben, in gleichen Abständen von einander entfernt, der Zelle ein treppenförmiges Aussehen; sie führen den Namen Treppenzellen.

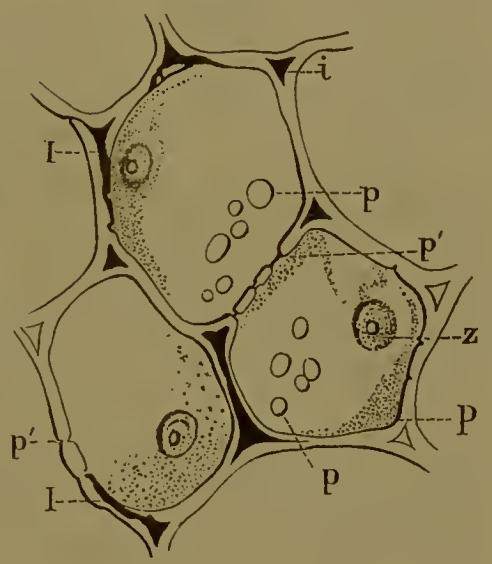
Figur 23.



Verg. 250. Zellen aus der Mandelschale, *p* Porenkanäle im Durchschnitte, *p'* von der Fläche gesehen.

Lagern sich die Verdickungsschichten in Form von Spiralen oder Ringen ab, so entstehen die Spiralfaser- und Ringfaserzellen, die ihren Namen einerseits den Verdickungsschichten, andererseits ihrer langgestreckten also faserförmigen Gestalt verdanken. Diese Zellen kommen sehr häufig, unter anderem in jedem Grashalme, hier zu sogen. Gefässen vereinigt vor. [1])

Figur 24.



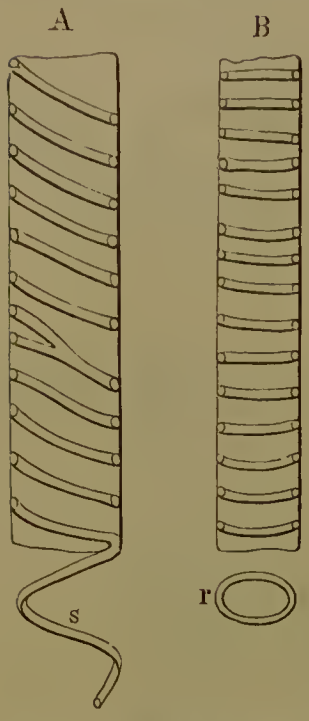
Verg. 250. Querdurchschnittene Zellen aus dem Fleisch der Runkelrübe, *p* Poren von der Fläche, *p'* im Durchschnitte, *i* Intercellulargänge, *I* durch Resorption entstandene, mit Luft erfüllte Räume in der Zellwand, *z* Zellkern, *P* Protoplasmareste.

Eine sehr verbreitete Form von Verdickungen sind die zur Entstehung von Netzfaserzellen Veranlassung gebenden, welche die

[1]) Durch Abschabung des Markes, welches an der Innenseite eines Strohhalmes liegt, mittelst eines Messers, zerstört man eine Menge von Gewebselementen mit spiralförmigen und ringförmigen Verdickungsschichten und kann nun in dem Geschabsel eine Menge von Ringen und Spiralfragmenten, die sich von den primären Zellwänden der betreffenden Zellen losgelöst haben, unter Mikroskop erkennen. In den aus Stroh angefertigten Papieren finden sich solche Fragmente der Verdickungsschichten nicht selten vor und tragen nicht wenig zur Erkennung dieser Papiere bei.

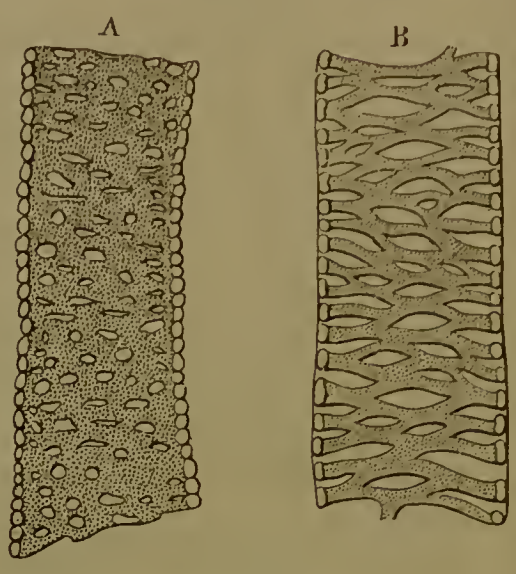
Form eines mehr oder minder regelmässigen Netzes nachahmen. Diese Zellen lassen sich manchmal als Porenzellen mit grossen

Figur 25.



Verg. 250. *A* Fragment eines Spiral-, *B* eines Ringgefässes aus dem Roggenstroh, *s* von der primären Membran losgelöste Spirale, *r* abgelöster Ring.

Figur 26.



Verg. 300. Gefässe aus der Runkelrübe. *A* Porengefäss, *B* Netzgefäss.

regelmässig gestellten rhomboidalen Poren (Maschen des Netzes) oder als Spiralfaserzellen mit sich durchkreuzenden Spiralen auffassen. (Fig. 26, B.).

Eine besondere Art von Porenzellen sind die getüpfelten oder Tüpfelzellen, die in den Holzzellen der Nadelbäume am deutlichsten ausgeprägt vorkommen. In diesen Zellen liegen die primären Membranen benachbarter Zellen nicht durchwegs knapp aneinander, sondern lassen stellenweise kleine linsenförmige Hohlräume, Tüpfelräume [1]), zwischen sich frei, indem sich an correspondirenden Orten zweier benachbarter Zellen die primären Membranen nach innen zu einstülpen. Die Verdickungsschichten lagern sich nun auf die so gestellten primären Membranen derart ab, dass jeder Porenkanal derselben auf die Mitte der Oberfläche des Tüpfelraumes zu liegen kömmt. Die jedem Tüpfel entsprechenden Ansichten in den drei anatomischen Schnitten ergeben sich durch Betrachtung der Figur 17 von selbst [2]).

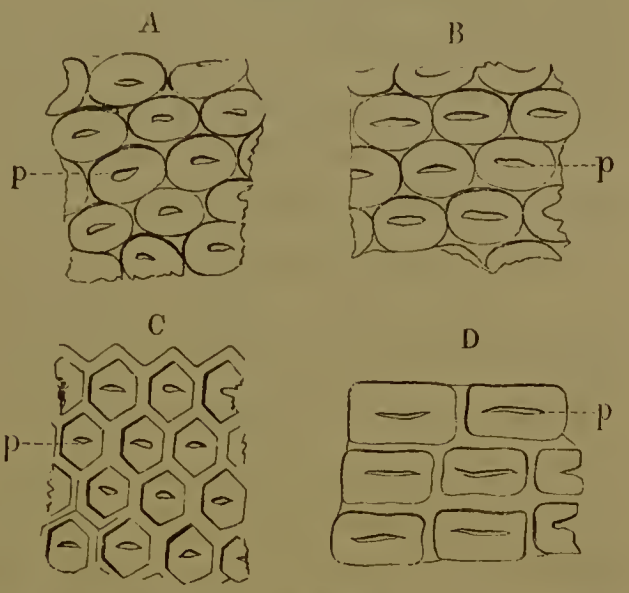
---

[1]) S. Fig. 17 *r* pag. 49.

[2]) Man hat den Bau der Tüpfel in neuerer Zeit (Dippel, bot. Zeitung, 1860) in anderer als der eben angedeuteten Weise zu deuten versucht. Die

Die Form der Tüpfel und der zugehörigen Poren sind nicht immer kreisrund, wie in den Fig. 29 und 30. Bei manchen Tüpfeln kommen auch spaltenförmige Poren vor, auch ist der Umriss der ersteren manchmal elliptisch, z. B. in den Gefässen des Rothbuchenholzes oder wo sie dicht gedrängt nebeneinander stehen, polygonal, z. B. in den Gefässen des Ahorn- oder Tulpenbaumholzes [1]). (Fig. 28.)

Figur 28.



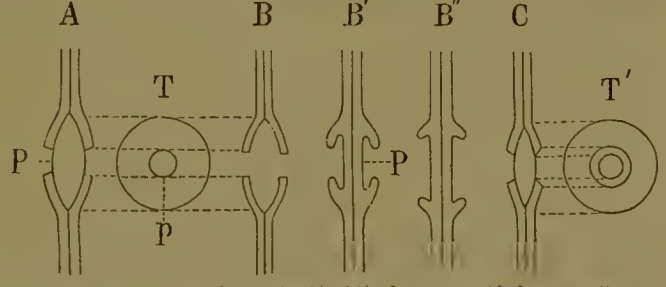
Verg. 600. Bruchstücke der Wände getüpfelter Gefässe. *A* und *B* aus dem Holze der Rothbuche, *C* des Ahorns, *D* des Tulpenbaumes, *pp* Poren der Tüpfel.

Auf die Formen der Tüpfel und der zugehörigen Poren hat man vornehmlich bei der Untersuchung der Holzarten zu achten, indem dieselben wichtige Charactere zur Erkennung der letzteren abgeben.

Der Inhalt jugendlicher Zellen besteht ganz und gar aus Plasma, aus welchem sich alles herausbildet, was die Zelle im Laufe ihres Daseins besitzt. In manchen Zellen wird das Plasma ganz zur Membranbildung

primären Membranen der Tüpfelzellen sollen an keiner Stelle auseinanderweichen, wohl aber sollen sich dieselben an je zwei correspondirenden Stellen ringförmig einfalten, worauf häufig eine Resorption der zwischen den Ringfalten liegenden Stellen der primären Membranen eintreten soll. Fig. 27 zeigt in *A* die Tüpfel als Poren mit linsenförmigem Zwischenraum, in *B* als Ringfalten der primären Membran. Die Radialansicht des Tüpfels (*T*) ist für *A* und *B* die gleiche. Die neuere Auffassung des Baues und der Entwicklung der Tüpfel stimmen so wenig mit den thatsächlichen Beobachtungen zusammen, dass kein Grund vorhanden ist, die ältere Ansicht zu verlassen.

Figur 27.



Schema der Tüpfel *A B B' B'' C* tangentiale, *T T'* radiale Ansicht der Tüpfel. *P* in *A* und *p* in *T* Ansicht der Pore. *A* Tüpfel, durch Auseinanderweichen der primären Zellwände, *B* Tüpfel durch Bildung einer Ringfalte entstanden gedacht, *B''* und *B'* Entwicklungsstadien von *B*, *C T'* Tüpfel mit konischer Pore.

[1]) Die Structur der Gefässwände ist häufig schon direct zu beobachten, in manchen Fällen (Ahornholz) aber erst nach kurzer Einwirkung in Chromsäure. Immer trägt aber die Chromsäure zur Klärung des Objectes wesentlich bei.

aufgebraucht (Zellen des Holzes); der Inhalt solcher Zellen besteht blos aus Luft. In den meisten Geweben bildet sich aus dem Plasma der Zellen nicht nur die Zellmembran, sondern eine Flüssigkeit von wässeriger Beschaffenheit — der wässerige Zellsaft aus, in welchem eine grosse Zahl von Körpern theils gelöst, theils suspendirt vorkömmt.

Die wichtigsten derselben sind:

a) Reste des Protoplasma. Dieselben haften entweder blos an der Wand, (peripherisches Plasma) oder an der Wand und im Centrum der Zelle (centrales Plasma). Im letzteren Falle ist das peripherische Plasma durch mehr oder minder zahlreiche im wässerigen Zellsaft eingebettete Plasmafäden mit dem centralen Plasma verbunden.

b) Der schon früher erwähnte Zellkern. Er ist ein körniger, manchmal häutig umkleideter, runder, oft abgeplatteter Körper, der in chemischer Beziehung mit dem Plasma übereinstimmt und im Innern meist einen, zwei oder auch mehrere durch Grösse ausgezeichnete Körper (Kernkörperchen) führt. — Wenn die Zelle blos peripherisches Plasma führt, so liegt der Kern in diesem (wandständiger Kern); ist centrales und wandständiges Plasma vorhanden, so liegt er stets im ersteren.

c) Geschichtete Körner, Stärkekörner u. s. w. Bläschen, z. B. Farbebläschen, Fettkugeln (Fettropfen), krystallisirte Körper, amorphe Körner, aufgelöste Salze, Farbstoffe u. s. w., Körper, die alle für uns von so grosser Wichtigkeit sind, dass wir ihrer näheren Betrachtung einen besonderen Theil dieses Abschnittes widmen müssen.

II. Die Stoffe der Zellwand.

Der contractile Theil der Zellwand (Hautschichte des Plasma) ist von der starren Zellwand substantiell verschieden; die Hautschichte scheint vornehmlich aus Eiweisskörpern sich zusammenzusetzen, die Zellwand hingegen besteht der Hauptmasse nach aus Kohlenhydraten.

Als man die Hautschichte noch als Primordialschlauch ansprach, betrachtete man sie als eine stickstoffhaltige, oder rich-

tiger bezeichnet, als eine aus Eiweisskörpern bestehende Haut. Neuere Beobachtungen [1]) haben gelehrt, dass die Hautschichten selbst eines und desselben Gewebes gegen Reagentien ein oft sehr verschiedenes Verhalten zeigen; so z. B. löst das Kupferoxydammoniak die Hautschichte manchmal gar nicht, manchmal langsam, manchmal ungemein rasch auf, woraus sich wohl der Schluss ergibt, dass die Hautschichte ein höchst wechselvolles Gemenge mehrerer chemischer Individuen ist. Wahrscheinlich besteht sie, da sie ein Zwischenproduct des (aus Eiweisskörpern bestehenden) Plasma und der (an Kohlenhydraten reichen) Zellwand ist, stets aus Eiweisskörpern und Kohlenhydraten. Ein directer mikrochemischer Nachweis der constituirenden Substanzen ist wegen der meist ungemeinen Zartheit dieses Objectes mit den grössten Schwierigkeiten verbunden.

Die tarre Zellwand ist nie ein chemisches Individuum, sondern stets ein Conglomerat von Stoffen, die theils direct aus dem Plasma hervorgingen, theils chemische Umsetzungsproducte dieser Substanzen sind, und theils sich in die Wand vom Zellsafte her infiltrirten (Infiltrationsproducte). Die sogenannte incrustirende Materie ist ein Gemenge von Umsetzungs- und Infiltrationsproducten der Zellwand. Die Erstarrungsproducte der Hautschichte bestehen anfänglich, da man sie kurz nach ihrer Entstehung durch Jodlösung und Schwefelsäure blau färben und durch Kupferoxydammoniak in Lösung bringen kann (Reactionen auf reinem Zellstoff) aus reiner Cellulose. Nur die Innenhaut scheint auch in ganz jungen Stadien stark mit Eiweissubstanzen infiltrirt zu sein [2]).

Die Zellen der Pilze und vieler Flechten und Algen nehmen in chemischer Beziehung unter den Pflanzengeweben eine Ausnahmsstellung ein, indem deren Wände nicht die Reactionen der Cellulose zeigen. So werden die Zellwände der Pilze durch

---

[1]) Vergl. Weiss und Wiesner. Ueber das Verhalten des Kupferoxydammoniaks zur Membran der Pflanzenzelle etc. Sitzungsber. d. kais. Akad. der Wiss. Bd. 44.

[2]) Gerade die Innenhaut wird von den meisten Forschern (Vgl. Schacht Lehrbuch der Anatomie und Physiologie I. p. 32) als aus reiner Cellulose bestehend, hingestellt.

Jod und Schwefelsäure braun und nicht blau, und gehen auch durch Kupferoxydammoniak nicht in Lösung. Ein Gleiches gilt für viele Algenzellen. Hingegen werden viele Zellwände aus dem Gewebe der Flechten (Fruchtlager etc.) schon durch Jodlösung allein blau, indem an der Zusammensetzung der Wände ein Bestandtheil der Stärkekörner (Granulose) theilnimmt. In vielen Zellen der Pilze, Flechten und Algen scheinen von der Cellulose verschiedene Kohlenhydrate die Zellwand aufzubauen.

Manche Zellwände behalten bis an ihr Lebensende und darüber ihren ehemischen Charakter bei, d. h, die gebildeten Cellulosewände gehen keine weitere oder nur eine sehr untergeordnete chemische Metamorphose ein. Man kann diesen Fall an vielen Haaren (z. B. an der Baumwolle), Bastzellen (Leinenfaser), auch mitunter im Marke der Stengel und Stämme (Hollundermark) beobachten; die Zellen derselben werden nämlich während des Lebens oder nach Ablauf desselben durch Jod und Schwefelsäure gebläut. In all' den genannten Zellen sind es nur kleine Mengen von Umsetzungsproducten, die vornehmlich in den ältesten (äussersten) Zellwandschichten lagern, welche die Reaction etwas weniges behindern, die man übrigens sehr leicht und rasch entfernen kann. Bei Leinenfasern genügen schon schwache Bleichmittel um die Umsetzungsproducte aus der Faser herauszuführen, mit anderen Worten selbe zu bleichen.

Die weitaus grössere Zahl von Zellen zeigt hingegen ein ganz anderes Verhalten. Die Zellen der Oberhäute, die Holzzellen (sowohl der Laub- als Nadelhölzer) die Markstrahlenzellen und Gefässe des Holzes, die Zellen der Rinden, des Korkes u. s. w. werden weder durch Jod und Schwefelsäure gebläut, noch durch Kupferoxydammoniak gelöst. Jod und Schwefelsäure färben die Wände dieser Zellen grün oder braungelb, Kupferoxydammoniak bringt höchstens eine Aufquellung der Zellwand hervor. Bei diesem Verhalten der Zellmembran ist entweder eine vollständige Umsetzung derselben in andere Stoffe eingetreten, oder, und dies ist gerade der am häufigsten in der Natur vorkommende Fall, die chemische Metamorphose war blos eine partielle. Auch die Aufnahme von Infiltrationsproducten in die Zellwand ist durch das genannte Verhalten der Membran nicht ausgeschlossen; beim

Auftreten einer grünen Färbung dureh Jod und Sehwefelsäure ist gewöhnlieh Eiweiss als Infiltrat in der Zellwand.

Eine vollständige Umsetzung in andere Zellwandstoffe bietet das arabische Gummi und der Traganth dar, Stoffe, die durehaus

Figur 29.

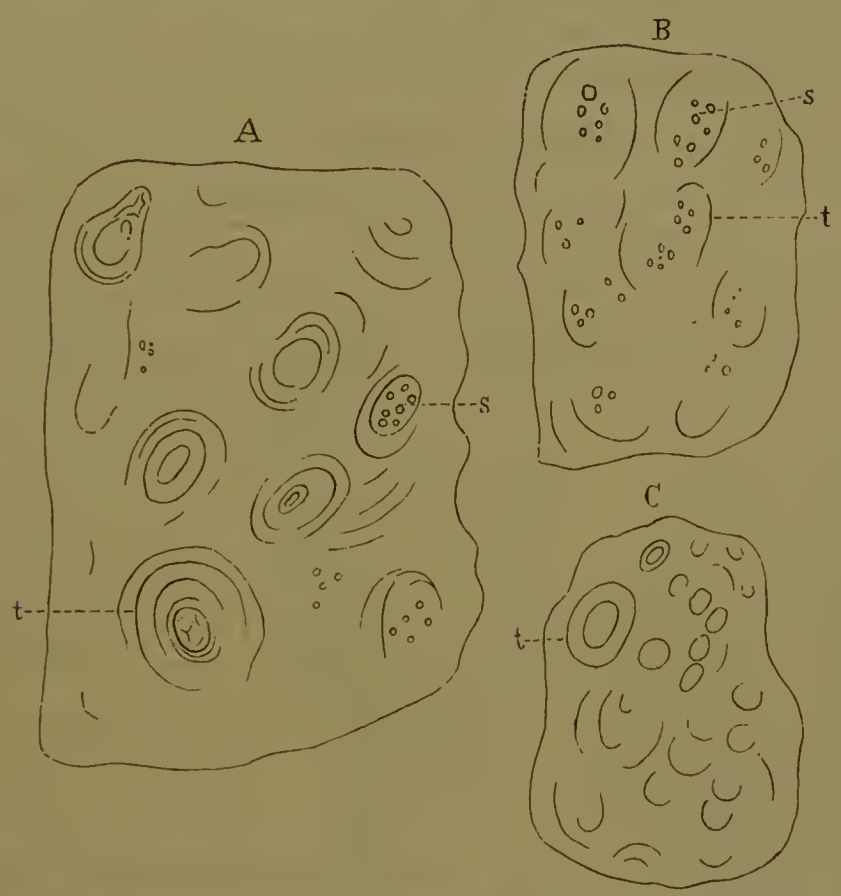


Fig. 29 (nach Wigand.) Traganthsorten. *A* Smyrna- oder Blättertraganth (bester Traganth). *B* Syrischer Traganth. *C* Gummi kutera (schlechte Sorte von Traganth). *t* Reste der Zellwände, *s* Stärkekörner.

nicht, wie früher angenommen, Secrete der Zellen sind, sondern geradezu dureh chemische Metamorphose aus der Zellmembran hervorgingen [1]). Die Figur 29 zeigt drei Traganthsorten des Handels, in welehem nicht nur Reste der Zellmembranen, sondern selbst noch Inhaltstoffe (Stärkekörner) zu sehen sind. — Auch das Harz der Nadelbäume hat einen ähnliehen Ursprung wie Traganth und Gummi; es geht ebenfalls durch chemisehe Metamorphose aus den Elementen des Holzkörpers (Markstrahlen, Holzzellen) hervor [2]). Aueh die Farbstoffe der Farbhölzer (Blauholz,

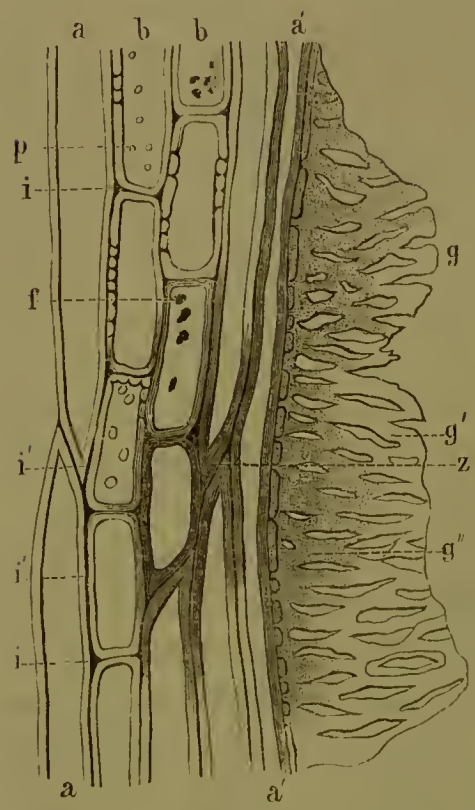
[1]) Mohl hat für den Traganth, Wigand für das arabische Gummi den Nachweis ihrer Entstehung aus der Cellulose der Zellmembran geliefert. (S. Pringsheims Jahrbücher Bd. III. 1863.)

[2]) Wigand, Pringsheim's Jahrbücher 1863.

Sandelholz, Fernambouckholz etc.), welche ihren Sitz in der Zellmembran, und vornehmlich in den ältesten Wandschichten haben, gehen aus der Cellulose der Membran hervor [1]).

Wenn eine partielle Umsetzung der Cellulose der Zellwand in andere Substanzen (ausser den schon genannten wären hier noch zu nennen: Holzsubstanz, Korksubstanz, Pectose, Gerbstoff, fettes Oel) eingetreten ist, so ist man stets im Stande, diese Körper durch ein passendes Lösungsmittel (am besten Chromsäure) herauszuführen, worauf die Nachweisung der rückständigen Cellulose durch die beiden mehrfach genannten Reactionen mit Leichtigkeit gelingt. So kann man z. B. den Farbstoff der Farbhölzer durch Chromsäure leicht zerstören, und die Oxydationsproducte der Farbstoffe durch Wasser leicht entfernen, worauf man in den rückständigen sehr gut erhaltenen Zellen die Cellulose-Reactionen unschwer hervorrufen kann. Das Auswaschen der Zellmembranen nimmt hier, wie überhaupt in allen Fällen, wo grössere Mengen von Cellulose in andere Substanzen umgesetzt wurden, längere Zeit in Anspruch, auch treten die Umsetzungsproducte nicht gleichmässig aus der Zellwand aus. Bei sämmtlichen Farbhölzern finde ich, dass die äussern Zellwandschichten einschliesslich der Intercellularsubstanz am spätesten entfärbt werden. Diese Schichten sind deshalb die vornehmlichen Träger der Farbstoffe. Die Intercellularsubstanz dieser Hölzer besteht fast nur aus Farbstoff, indem ihre Entfärbung auch schon den Zerfall des Gewebes bedeutet.

Figur 30.



Verg. 300. Längenschnitt durch das Sandelholz (Pterocarpus santalinus) nach kurzer Behandlung mit Chromsäure. Die dunkel gehaltenen Stellen (vorzugsweise die Partien um *Z*) enthalten noch Farbstoff, an allen übrigen wurde er durch das Reagens entfernt. *a a'* Holzzellen. *b* Holzparenchym. *g* Netzgefäss. *i i'* Intercellularsubstanz. *f* Farbstoffkörner. *p* Poren.

[1]) Wigand hat (bot. Zeitung 1862) zuerst hierauf hingewiesen.

Die wichtigsten Umwandlungsproducte der Zellmembran sind die Intercellularsubstanz und die ihr nahe verwandte Cuticula[1]). Beide entstehen durch Umwandlung der äussersten, ältesten Wandschichten; erstere ausserdem noch aus absterbenden Membranen, innerhalb derer sich durch Theilung neue Zellen entwickelten. — Immer treten die beiden genannten Körper an den äussersten Grenzen der Zellen, dieselben gleichsam umhüllend, auf, und es gewinnt den Anschein, als würde die erstere Umhüllungs- und Bindesubstanz von miteinander zu Geweben verbundenen Zellen, letztere hingegen die Umhüllungssubstanz von Zellen sein, die nicht an andere Zellen angrenzen, sondern mit der Luft oder überhaupt dem Medium des Wachsthums in unmittelbarer Berührung stehen.

Figur 31.

Figur 32.

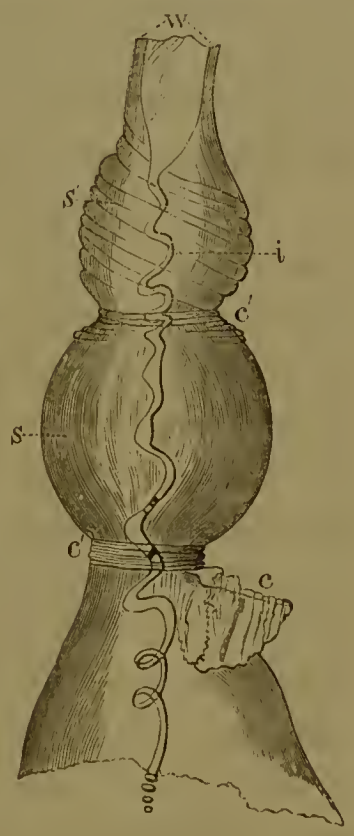


Fig. 31. Vergr. 400. Baumwolle. *A* in Luft, *B* in Wasser liegend. *c* Cuticula. — Fig. 32. Verg. 300. Baumwolle nach Einwirkung von Kupferoxydammoniak, *w* die noch unveränderte Zellwand. *c c'* Reste der Cuticula, welche während der starken Aufquellung der Schichten *s* theils fetzenweis abgeworfen *(c)*, theils an einzelnen Stellen des Haares *(c')* zusammengeschoben wurden. *s* Secundäre Verdickungsschichten, *i* Innenhaut.

Die Intercellularsubstanz fehlt in keinem Gewebe. Die Cuticula kömmt hingegen blos an der Oberfläche der Oberhautzellen, an Haaren, Borsten und dgl., ferner an Sporen und Pollenkörnern, überhaupt an allen mit dem Medium des Wachsthums in unmittelbarem Contact stehenden Zellen oder Zelltheilen vor. An Blättern findet sie sich vornehmlich an der

[1]) Die Cuticula wurde von Brogniart (1830) entdeckt; ihre Entstehung aus der Zellmembran wurde jedoch erst von Wigand (1850) constatirt.

obern Seite, besonders mächtig, wenn diese Seite tief grün gefärbt und glänzend ist. Hier erscheint sie meist als structurlose, homogen erscheinende Haut. An Haaren, Pollenkörnern (an diesen die Pollenhaut bildend) und Sporen (die Sporenhaut bildend) trägt sie in Folge verschiedener Mächtigkeit an den einzelnen Membranstellen ein ganz specifisches Gepräge.

Intercellularsubstanz und Cuticula zeigen in vielen Fällen eine Uebereinstimmung im chemischen Verhalten; stets werden beide durch Chromsäure gelöst, Schwefelsäure und ebenso Kupferoxydammoniak wirken in vielen Fällen weder auf die eine noch die andere ein. Uebrigens zeigt jeder dieser Körper für sich betrachtet so verschiedene Löslichkeitsverhältnisse, dass entschieden das, was als Intercellularsubstanz und Cuticula vom Histologen angesprochen wird, substanziell sehr verschiedene Körper sind.

Ueber die Stoffe der Cuticula ist man noch ganz im Unklaren; etwas besser steht es um unsere Kenntnisse der Intercellularstoffe. Manchmal löst sich dieselbe schon in kaltem Wasser auf (z. B. im Fruchtfleische der Aepfel und im saftigen Gewebe der Runkelrübe); hier sind es lösliche Pectinstoffe — Pectin und Pectinsäuren[1]) —, welche den Zwischenzellstoff zusammensetzen. Die Intercellularsubstanz des Stärke führenden Gewebes der Kartoffel besteht aus einem in heissem Wasser löslichen nicht näher bekannten Stoff. Im Gewebe der Runkelrübe besteht die grösste Menge der Intercellularsubstanz aus Pectose[2]), die sich bekanntlich erst in Lösungen von organischen Säuren (Oxalsäure, Citronsäure), ferner in verdünnten Mineralsäuren und Alkalien auflöst. Im Holze unserer Bäume ist die Intercellularsubstanz Holzstoff, ein Körper, der durch schwefelsaures Anilin intensiv gelb gefärbt[3]) und durch Chromsäure in Lösung übergeführt wird. In den Farbhölzern besteht die Intercellularsubstanz der Hauptmasse noch aus Farbstoff (im Blauholz aus Hæmatoxylin), im Korke aus der Korksubstanz. Pectose, Holzsubstanz, Hæmatoxylin, Korksubstanz u. s. w. treten aber nicht in der Intercellularsubstanz allein, sondern auch in

---

[1]) und [2]) Wiesner. Das Auftreten der Pectinkörper in dem Gewebe der Runkelrübe. Sitzungsberichte d. kais. Akad. d. Wiss. in Wien.

[3]) Ueber die Anwendung dieses Körpers zu mikrochemischen Zwecken berichtete ich in Karsten's botanischen Untersuchungen. II. Heft. p. 120.

den an sie angrenzenden Zellwandschiehten, hier aber in geringerer Menge auf.

Die Infiltrationsproducte der Zellwand sind entweder organisehe oder unorganisehe Substanzen. Die ersteren werden stets mikroehemiseh dureh übermangansaures Kali (mineraliseh es Chamaeleon) angezeigt[1]). Dieser Körper färbt die chemiseh reine Cellulose erst naeh längerer Zeit gelb oder braun; hingegen allsogleich, wenn sie mit organischen Substanzen, wie Eiweiss, Gerbsäure, fettes Oel, Zueker u. s. w. infiltrirt ist. Durch dieses Reagens kann man sieh stets überzeugen, ob irgend ein Object aus ehemiseh reinem Zellstoff besteht. Eine ausgedehnte Anwendung dieses Reagens hat gelehrt, dass keine in der Natur vorkommende Zelle eine aus reiner Cellulose bestehende Membran besitzt. Nähere Angaben über die organischen Infiltrate der Zellwand fehlen noch in der histologisehen Literatur.

Die unorganisehen Infiltrationsproduete der Membran sind vornehmlich Kieselsäure und Salze mit Mineralbasen und organischen oder unorganischen Säuren. Die Kieselsäure tritt ungemein häufig in den pflanzliehen Oberhäuten auf, und zwar oft in solehen Massen (Gräser, Sehaehtelhalme), dass naeh dem Verasehen des betreffenden Pflanzentheiles die Kieselsäure in der Form der Oberhautzellen (als Kieselskelett) zurückbleibt. Die Kieselsäure ist in der Oberhaut nur selten gleichmässig vertheilt; sehr häufig sind kleine um die Haare der Oberhaut herumgelagerte Zellgruppen oder besondere in der Oberhaut zerstreut liegende, von den andern Oberhautzellen in Form und Grösse verschiedene Zellen (Kieselzellen) die vornehmlichen Träger der Kieselsäure[2]).

Die andern unorganisehen Infiltrate der Zellwand sind in den Geweben versehieden vertheilt; doch ist es wieder die Oberhaut, die den vornehmlichsten Träger derselben abgibt. Kohlen-

[1]) Untersuchungen über die Zerstörung des Holzes an der Atmosphäre l. c.

[2]) Die kieselreichen Zellgruppen fand Hugo von Mohl (bot. Zeitung 1861). Ueber „Kieselzellen“ (oder „Zwergzellen“, wie ich selbe auch wegen ihrer Kleinheit nannte) s. Wiesner: Mikr. Untersuch, d. Maislische und der Maisfaserproducte; Dinglers polytechn. Journ. 175. p. 225 und: Anatomisches und Histochemisches über das Zuckerrohr in Karsten's botan. Untersuch. Hft. 2. p. 119.

saurer Kalk tritt hin und wieder in solchen Mengen in der Zellwand auf, dass die Kohlensäure beim Behandeln der Gewebe mit Salzsäure unter starkem Aufbrausen entweicht. Dieser Fall wurde im Gewebe der Fruchtkerne des Zürgelbaumes beobachtet [1]). — Die Eisensalze, die in der Zellwand auftreten, sind hier, so weit sie durch Reagentien nachweisbar sind, in unlöslicher Form vorhanden [2]); dies dient wohl als Beweis dafür, dass die unter allen Umständen in löslicher Form von den Zellen aufgenommenen Eisensalze in den Zellsäften im Zustande ungemeiner Verdünnung vorhanden gewesen sein mussten. — Auch über die unorganischen Infiltrationsproducte der Zellmembran liegen noch keine eingehenderen Untersuchungen vor.

Figur 33.

Fig. 33. *A* Vergr. 380, *B* 600. *A* ein Stück Oberhaut von der unteren Seite einer jungen Maislische. *a* Oberhautzellen, *z* deren Zellkerne, *b* Kieselzellen, *c* Haar, *d* Spaltöffnung. *B* Kieselzellen, erhalten durch Veraschung der Oberhaut.

III. Die Stoffe des Zellinhaltes.

Jugendliche Zellen enthalten stets Eiweisskörper, da ja das in bildungsfähigen Zellen nie fehlende Protoplasma der Hauptmasse nach aus diesen Substanzen besteht. Aber auch in ganz ausgebildeten Zellen kommen oft grössere oder geringere Mengen derselben vor. Die Eiweisskörper lassen sich in den meisten Fällen schon durch ihr körnig-schleimiges Aussehen erkennen; doch ist es jedenfalls erwünscht, bestimmtere Anhaltspunkte für die Erkennung zu haben, um etwaigen Irrungen vorbeugen zu können.

[1]) Payen. Compt. rend. 38 Bd. p. 241.

[2]) Weiss und Wiesner. Ueber die directe Nachweisung des Eisens in der Pflanzenzelle. Sitzungsberichte der Wiener Akademie. Bd. 40.

Kommen grössere Mengen von Eiweisskörpern in der Zelle vor, so gelingt die Nachweisung am besten durch eine concentrirte Zuckerlösung und concentrirte Schwefelsäure, welche Körper, hintereinander auf das betreffende Gewebe gebracht, das Eiweiss der Zellen nach einigen Minuten schön rosenroth färben (Raspail'sche Reaction). Eiweisshaltige Zellen, deren Zellsaft grössere Mengen von Zucker führt (viele Pollenkörner), werden schon auf Zusatz von Schwefelsäure rosenroth. Kleinere Mengen von Eiweissubstanzen wird man auf diese Weise nicht nachzuweisen vermögen. Hier kömmt man zum erwünschten Resultate durch eine färbende Flüssigkeit (am besten Carminlösung), welche in Folge der ausgezeichneten Farbenspeicherung der Eiweisskörper dieselben höchst intensiv färbt.

Der Zellkern zeigt, wie schon früher erwähnt, das chemische Verhalten der Eiweissubstanzen des Plasma. Der wässerige Zellsaft führt theils feste, theils flüssige, theils gelöste Stoffe. Erstere sind theils geformt und dann entweder organisirt oder krystallisirt, theils ungeformt.

Die wichtigsten organisirten Einschlüsse der Zelle sind: Stärke, Aleuron, Chlorophyll, Gerbmehl und Harzmehl, die wir nun der Reihe nach betrachten wollen.

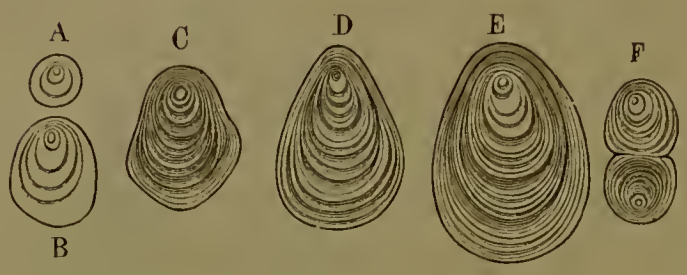
Stärke (Stärkmehl, Amylum) ist einer der verbreitetsten Körper des Pflanzenreiches, der beinahe in allen Blüthenpflanzen, aber auch in manchen blüthenlosen Gewächsen vorkömmt. In manchen Geweben tritt er ungemein häufig (Kartoffelknollen, Getreidekörner), in anderen wieder sehr sparsam auf (im Holze).

Die Stärke tritt im Inneren der Zellen in Form von Körnchen der verschiedensten Form und Grösse auf. Die Stärkekörner sind entweder im wässerigen Zellsafte suspendirt (Kartoffelknolle), oder sie kommen mit Plasma gemengt vor (Hülsenfrüchte); hin und wieder erfüllen die Stärkekörnchen den ganzen Innenraum der Zelle oder sind höchstens mit Spuren von Eiweisskörpern gemengt (Reiskörner), oder liegen sparsam im luftführenden Zellraume (Markstrahlen der Hölzer).

Die Stärke bildet entweder einzelne Körner (einfache Stärkekörner) oder individualisirte Körnergruppen (zusammengesetzte Stärkekörner). Die einfachen Körner haben bei un-

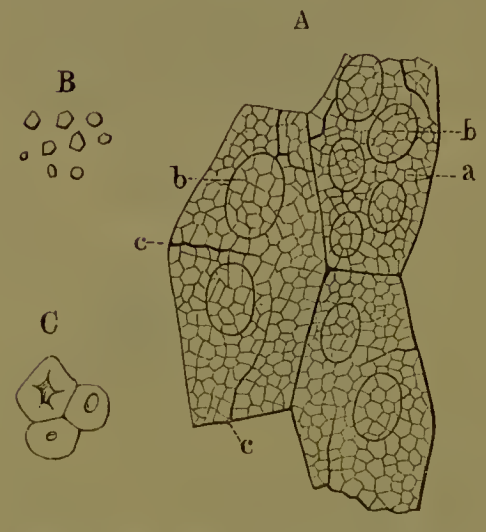
behinderter Entwickelung eine abgerundete Gestalt; bei massenhaftem Vorkommen platten sich die Körnchen während ihrer Entwickelung gegenseitig ab und bilden dann ebenfalls Körnergruppen (unecht zusammengesetzte Körner), deren Grenzen durch den Innenraum der Zelle bedingt wird. Die Fig. 34 und 35 veranschaulichen die einfachen, echt- und unecht zusammengesetzten Stärkekörner. Aus Fig. 35 ist zu ersehen, dass selbst in einer und derselben Zelle echt- und unecht zusammengesetzte Stärkekörner vorkommen können. Auch einfache und zusammengesetzte Körner kommen oft nebeneinander vor. So führt die Kartoffel unzählige einfache und darunter zerstreut auch aus zwei Individuen bestehende zusammengesetzte Körner. In dem Gewebe der Haferkörner zeigt sich gerade das Umgekehrte.

Figur 34.



Verg. 300. Kartoffelstärke. *A* junges unentwickeltes Korn, *B—E* entwickelte Körner, *F* zusammengesetztes Korn.

Figur 35.



A B Verg. 300. *C* 800. *A* Zellen aus dem Reiskorn, *a* unecht zusammengesetzte Stärke, *b* echt zusammengesetztes Stärkekorn, *c* Risse, durch Eintrocknung des Gewebes hervorgerufen. *B* einzelne Körner von *a* und *b*. *C* dieselben stärker vergrössert.

In der Folge werden wir die Ausdrücke: Theilkörner und Bruchkörner gebrauchen; unter ersteren werden wir die Zusammensetzungsstücke der echt-, unter letzteren die der unechtzusammengesetzten Körner verstehen. Theilkörner und Bruchkörner sind in Bezug auf Bau und chemische Constitution von den einfachen Körnern nicht verschieden.

Die Grösse der Stärkekörner ist im Allgemeinen eine höchst verschiedene, dennoch ist selbe für bestimmte Stärkearten inner-

halb gewisser Grenzen eonstant und bildet ein wiehtiges Mittel zur deren Erkennung. In der Mehrzahl der Fälle sind die einfachen Stärkekörner grösser als die Brueh- und Theilkörner. Die Grösse schwankt zwisehen 0·002 — 0·17 mm.

Sehr kleine Stärkekörner führen Reis und Hafer.

Die Theilkörner von Reis messen im Mittel 0·005 mm.
„ „ „ Hafer „ „ „ 0·008 mm.

Mittlere Grösse haben:

Die einfachen St.-K. der Rosskastanie = 0·036 mm.
„ „ „ „ Erbse = 0·065 mm.

Die grössten Stärkekörner zeigen:

Kartoffel (einfache Körner) = 0·09 mm.
Curcuma-Arrow-root (einfaehe Körner) = 0·15 mm.

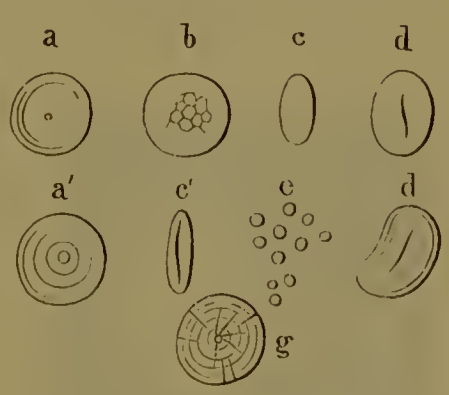
Hier ist noeh zu erwähnen, dass in manchen Pflanzentheilen Körner von zweierlei Grösse auftreten, so z. B. im Samengewebe von Roggen, Gerste und Weizen.

Grosse St.-K. von Weizen messen im Mittel 0·028 mm.
Kleine „ „ „ „ „ „ 0·007 mm.

Die Gestalt der Stärkekörner ist im Allgemeinen nicht sehr variabel; doeh bietet eine genaue mit Messungen Hand in Hand gehende Betraehtung genugsam Anhaltspunkte zur Erkennung der Stärkesorten dar.

Die einfachen Körner sind meist: kugelig (gelbe Rübe), eiförmig (Kartoffel), linsenförmig (grosse Stärkekörner von Roggen, Gerste und Weizen), seltener elliptisch (einfache Körner des Hafers), scheibenförmig (Curcuma-Arrow-root), oder stabförmig (Milchsaft der Wolfsmilcharten); andere Formen treten an einfachen Körnern selten auf.

Figur 36.

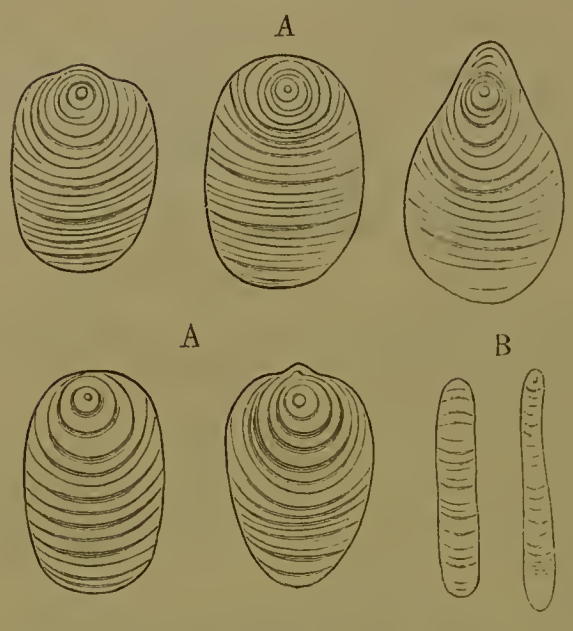


Verg. 300. Stärkekörner des Weizens. *a—d* grosse, *e* kleine Körner, *g* grosses Korn nach Behandlung mit Chromsäure, *a b* von der Fläche, *c c'* von der Seite aus gesehene Körner, *b* Korn mit netzförmigen Eindrücken von den kleinen Körnern herrührend, *c' d* Körner mit spaltenförmigen, durch den Kern durchgehenden Rissen.

Die Bruchkörner sind stets polyedriseh, und erscheinen im Mikroskope meist fünf- oder sechseckig (Mais, Reis).

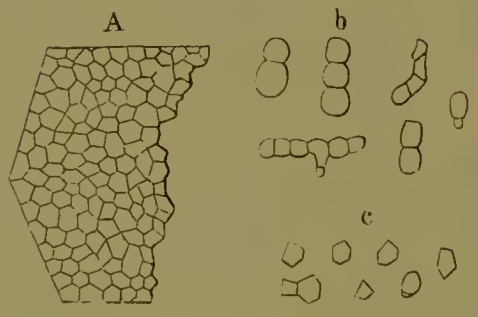
Die Form der zusammengesetzten Stärkekörner ist meist eine elliptische (Hafer, Reis); seltener kommen andere Formen wie beim Buchweizen vor. — Die Theilkörner treten an manchem zusammengesetzten Stärkekorn sehr deutlich (Reis, Cassavestärke), an anderen höchst undeutlich (Ingver, Pfeffer) hervor. — Die Zahl der Theilkörner schwankt zwischen 2 und 30000 [1]). 2 Theilkörner kommen im Cassavemehl und in der Kartoffelstärke, 2—5 in Eicheln (von Quercus pedunculata) bis 100, im Reiskorn vor. — Die Theilkörner haben eine polyedrische Form; nur die im Umfange des zusammengesetzten Kornes gelegenen Körnchen sind von je einer gekrümmten Fläche begrenzt.

Figur 37.



Verg. 300. Stärkekörner von Curcuma leucorrhiza (ostindisches Arrow-root). *A* von der Fläche, *B* von der Seite gesehen.

Figur 38.



Verg. 300. *A* Fragment einer mit Stärkekörnern erfüllten Zelle aus dem Buchweizensamen oder Haidekorn, b zusammengesetzte St.-K., c Bruchkörner.

Chemische Zusammensetzung der Stärkekörner. Die Stärke ist kein chemisches Individuum, wie chemischerseits bis auf die letzte Zeit angenommen wurde. Von anatomischer Seite [2]) wurde zuerst nachgewiesen, dass in jedem Stärkekorn zwei (selbstverständlich isomere) Körper vorkommen, von denen der eine sich im Speichel löst, der zweite hierin unlöslich ist. Der erste Körper — Granulose —

[1]) Naegeli. Stärkekörner. Zürch 1855.

[2]) Naegeli l. c.

wird schon durch Jodlösung blau, der zweite wird durch Jod bloss gelb und erst auf Zusatz von Schwefelsäure blau. Da der letztere Körper sich auch vollständig in Kupferoxydammoniak löst, so ist wohl kein Zweifel vorhanden, dass derselbe Cellulose ist. Die Trennung der beiden Stärkesubstanzen gelingt weit besser als durch Speichel mittelst verdünnter Chromsäure [1]), welche die Granulose sehr rasch löst, und die Cellulose zurücklässt; durch Auswaschen mit Wasser verdrängt man die Auflösungs- und Zersetzungsproducte der Granulose und ebenso die aufgesaugte Chromsäure und kann nun am Rückstande die Zellstoffreactionen mit Leichtigkeit ausführen. Die Menge der Granulose und Cellulose ist bei verschiedenen Stärkearten sehr verschieden. Weizenstärke ist beispielsweise weitaus reicher an Granulose als Kartoffelstärke.

Bau der Stärkekörner. Wenn auch viele Stärkekörner bei Betrachtung im Zellsafte oder im Wasser ganz structurlos erscheinen, so ist man doch stets theils durch Anwendung chemischer, theils optischer Mittel im Stande, eine Structur nachzuweisen. Sämmtliche Stärkekörner sind nämlich geschichtet, oft so deutlich (Kartoffel-, Curcuma-Stärke etc.), dass man es ohne weiteres im mikroskopischen Bilde erkennt. Stets kann man jedoch durch Anwendung von verdünnter Chromsäure [2]) die Schichtung darlegen [3]).

Figur 39.

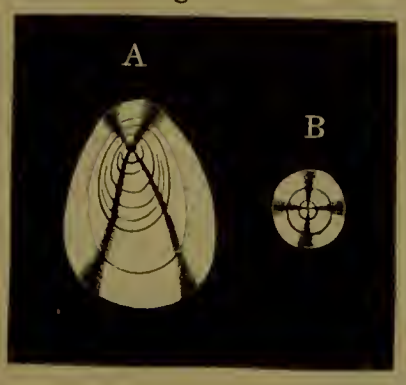


Fig. 39. Vergr. 300. Stärke im polarisirten Lichte; *A* Kartoffel-, *B* Weizenstärkekorn.

Die Stärkekörner sind entweder bis in's Innere hinein geschichtet (innerhalb der innersten Schichte ist dann nur mehr ein heller Punkt zu erkennen); oder aber es umschliessen ihre geschichteten Membranen eine mehr oder minder grosse Höhle. Der genannte helle Punkt oder die optisch meist deutlich hervortretende Ausfüllungsmasse führt den Namen Kern oder nach dem ersten Beobachter Fritsche'scher Kern. Der Innenraum des Stärkekorns kann auch mit Luft erfüllt sein; an Stelle des

[1]) und [2]) Weiss und Wiesner. Ueber die Einwirkung der Chromsäure auf Stärke. bot. Zeitung. 1866.

[3]) S. Fig. 36, g. p. 69.

Kernes erscheint dann eine dunkel oder schwarz aussehende Höhlung. Zwischen den beiden Nicols des Polarisationsmikroskopes zeigt jedes Korn ein schwarzes Kreuz.

Der Kreuzungspunkt des Polarisationskreuzes geht stets durch den Kern. Dieser liegt in manchen Fällen im Centrum des Kornes (centraler Kern: Stärke der Getreidearten) oder er ist einer Seite des Contours genähert (excentrischer Kern: Kartoffelstärke, Curcuma-Arrow-root. u. s. w.). Im ersten Falle spricht man von concentrischer, im letzten Falle von excentrischer Schichtung.

Die Excentricität des Kornes schwankt allerdings zwischen oft nicht unbedeutenden Grenzen, doch sind die Mittelwerthe oder noch besser die Maximalwerthe der Excentricität der Stärkekörner oft sehr werthvoll für deren sichere Bestimmung. Hier folgen die Maxima der Excentricität für einige Stärkesorten:

	Excentricität
Wurzelstock des Erdmandelgrases (Cyperus esculentus L.)	$\frac{1}{4}$ [1])
Kartoffel	$\frac{1}{6}$
Wurzelstock der Batate (Dioscorea batatus Decsn.) .	$\frac{1}{8}$
Zwiebel der Tulpe	$\frac{1}{10}$
Wurzelstock des Ingver (Zingiber officinale Rose) . .	$\frac{1}{14}$
Knollen der Curcuma Zedoaria Salisb.	$\frac{1}{35}$
Wurzelstock der Canna lagunensis Lind	$\frac{1}{70}$

Zwischen dem Bau der Stärkekörner und ihrer chemischen Constitution herrscht ein bestimmter Zusammenhang [2]). Durch Anwendung von Kupferoxydammoniak, welches die Granulose wenig angreift, hingegen die Cellulose rasch zerstört, und Chromsäure, welche gerade das umgekehrte Verhalten zeigt, kann man diesen Zusammenhang constatiren. Durch Kupferoxydammoniak quillt das Korn stark auf und zerfällt in ein System von klar hervortretenden Schichten, indem ein System dazwischen liegender Schichten der Einwirkung des Reagens verfällt; Chromsäure

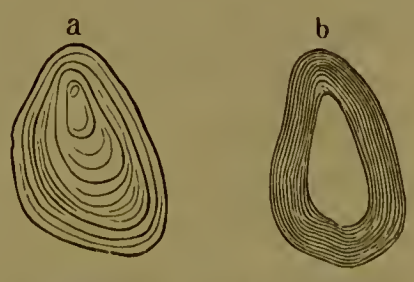
[1]) Die Werthe sind Naegeli's genanntem Werke entnommen. Der Bruch bezeichnet das Verhältniss der kleinsten und grössten Entfernung des Kernes vom Contour.

[2]) Naegeli l. c. betrachtet jedes Korn als inniges Gemenge von Cellulose und Granulose.

bringt eine gleiche Aenderung im Korne hervor, nur bewirkt dieselbe keine Aufquellung. Dieses Verhalten in Verbindung mit dem Löslichkeitsvermögen der beiden Reagentien deutet darauf hin, dass Granulose und Cellulose in bestimmten Schichten des Kornes auftreten. Der eigenthümliche schichtenweise eintretende Zerfall der Körner in den beiden Reagentien beweist aber, dass keineswegs die Granuloseschichten mit den Celluloseschichten alterniren, sondern dass zwischen einer ganz oder der Hauptmasse nach aus Granulose bestehenden und einer blos oder vornehmlich Cellulose führenden Schichte ein ganzes System von aus beiden Körpern bestehenden Schichten liegt, von denen jede einzelne desto reicher an Granulose (und selbstverständlich desto ärmer an Cellulose) ist, je näher sie der Granuloseschichte liegt und umgekehrt.

Bei genauerer Betrachtung erscheinen die Schichten, vornehmlich bei grossen, reichlich geschichteten Körnern, nicht farblos, sondern theils röthlich, theils bläulich; diese Farbe wird nicht durch ein Gefärbtsein der Schichten hervorgebracht, sondern ist rein optisch. Gewöhnlich sind die um den Kern herum gelagerten Schichten röthlich, die der Peripherie des Kornes nahe liegenden bläulich. Vergleichende Untersuchungen haben gelehrt, dass die röthlichen Schichten wasserreich, die bläulichen wasserarm sind. Die Stärkekörner haben eine grosse Dichte (1·4), sinken deshalb im Wasser unter, und ein starkes Lichtbrechungsvermögen, es erscheint deshalb jedes Korn beim Liegen in Luft, ja selbst beim Liegen im Wasser mit einem durch starke Brechung des Lichtes am Rande des Kornes hervorgerufenen schwarzen Saume umgeben.

Figur 40.



Vergrösserung 300 mal Kartoffelstärke. *a* in Wasser *b* in Luft liegend.

Durch Jodlösung werden die Stärkekörner in Folge Gehalts an Granulose blau. Das Verhalten der Stärke gegen kaltes und warmes Wasser und gegen andere Reagentien werde ich hier nicht in Betracht ziehen, da dieser Gegenstand ohnedies in jedem ausführlicheren Lehrbuche der Chemie behandelt wird [1]).

[1]) Die mit der Stärke nahverwandte Alantstärke (Inulin) kömmt nicht, wie man bis auf die neueste Zeit annahm, in den Pflanzengeweben in Körner-

Das Aleuron (Klebermehl) wurde erst in neuerer Zeit entdeekt [1]). Dieser organisirte Zellinhaltsstoff hat gleieh der Stärke eine ungemein grosse Verbreitung im Pflanzenreiche, da er sieh in den meisten Samen findet. In grösserer Menge kömmt es in Rieinus- und Lupinussamen, in Nüssen, Mandeln, Caeao- und Caffeebohnen vor. Die leichte Löslichkeit des Aleurons im Wasser ist der Grund der späten Entdeckung dieses Körpers; er musste allen Forsehern, die bekanntlieh die phyto-histologischen Objeete bis auf die neuere Zeit beinahe immer unter Wasser untersuehten, entgehen. Am besten tritt das Klebermehl unter fettem Oel (Mandelöl oder Olivenöl) hervor [2]). Es besteht aus kleinen Körnehen von sphäriseher Gestalt, die hohl oder solid, stets aber von einer Membran umhüllt sind und 0·0015—0·03 $^{mm.}$ messen. Dieselben sind in Aether, Alkohol und fettem Oel unlöslieh, in Wasser, verdünnten Säuren und Alkalien löslich. Durch Jod wird das Aleuron etwa wie das Protoplasma oder der Zellkern intensiv gelb, und dureh Carminlösung intensiv roth, indem es wie diese, das Vermögen der Farbenspeieherung besitzt. Dureh salpetersaures Queeksilberoxyd wird die Innenmasse des Aleuronkornes ziegelroth, die Hülle bleibt ungefärbt. Jedes Korn des Klebermehls besteht der Hauptmasse nach aus Eiweisskörpern und enthält ausserdem noch Gummi und Zucker. In manehen Körnern dieses Körpers, z. B. in den Aleuronkörnern des Ricinussamen, treten grosse Krystalle auf.

Das Aleuron ist meist farblos, doch auch manchmal grün (Pistaziensamen) gelb (Ailanthussamen) oder blau gefärbt.

Das Klebermehl ist ein organisirter Eiweisskörper, aus dessen Stoffen Kohlenhydrate (Granulose, Cellulose, Gummi, Zueker) und andere Substanzen (z. B. Chlorophyll) hervorgehen können; es bildet sich manehmal in Stärkemehl oder in die später zu betraehtenden Chlorophyllkörner um.

---

form sondern stets in gelöstem Zustande vor; sie kann deshalb erst an einem anderen Orte dieses Abschnittes ihre Besprechung finden.

[1]) Von Hartig (bot. Zeitung. 1857.)

[2]) Am leichtesten verschafft man sich das Bild des Aleurons, wenn man vom Samengewebe der Mandel einen dünnen Schnitt abträgt und denselben, in Olivenöl eingelegt, unter Mikroskop bringt. Die Zellen erscheinen mit ansehnlich grossen Klebermehlkörnern erfüllt.

Die nährende Wirkung vieler Samen (Nüsse, Mandeln etc.) beruht zum grossen Theile auf dem Gehalte an Aleuron.

Gerbmehl. Dieser in den Organen der Pflanzen besonders im Holze und im Samen häufig auftretende organisirte Körper ist noch später als das Klebermehl entdeckt worden [1]). — Es hat eine grosse Aehnlichkeit mit dem Stärkmehl, aus welchem es, wenigstens zum Theile hervorgeht, indem die Cellulose der Stärkekörner sich in Gerbstoff umsetzt; die Granulose derselben hingegen, wenigstens anfänglich in unverändertem Zustande an der Zusammensetzung der Gerbstoffkörner Antheil nimmt. Die Körner des Gerbmehles sind anfänglich stets geschichtet, später verlieren sie nicht selten ihre Structur.

Das Gerbmehl ist meist farblos (Leukotannin Hartig's), manchmal auch grün, gelb oder roth und führt dann nach Hartig die Namen: Chlorotannin, Xanthotannin und Erythrotannin. Es ist in Wasser meist leicht, hin und wieder schwerlöslich, indem nicht selten in Wasser schwer lösliche Körper an dem Aufbau der Gerbstoffkörner participiren. Die verschiedene Löslichkeit des Gerbmehles kann wohl nicht befremden, da es, wie schon erwähnt, oft aus Stärke hervorgeht, mithin die Zwischenstadien stets in Wasser unlösliche Substanzen enthalten müssen.

Durch Eisenchlorid werden manche Gerbstoffkörner blau (Holz der Eiche) oder schmutzig olivengrün (Holz des Ahorn's). Durch Jod werden sie häufig blau gefärbt, was wohl nur durch rückständige Granulose bewirkt werden dürfte. Kalilauge oder kohlensaures Natron (überhaupt Alkalien und kohlensaure Alkalien) färben das Gerbmehl rosenroth bis amethystviolett; Farbenspeicherung ist an demselben nicht zu beobachten.

Harzmehl. Unter Harzmehl versteht man einen aus meist geformten Körnchen bestehenden Inhaltsstoff, welcher selbst wieder aus andern geformten Körpern der Pflanzenzellen (Stärke, Gerbmehl, Plasmakörnchen etc.) hervorgegangen [2]). Die Harzkörner

---

[1]) Auch dieser Körper wurde von Hartig entdeckt. (bot. Zeitung 1865.)

[2]) Diesen Körper habe ich (Ueber die Entstehung des Harzes im Inneren von Pflanzenzellen. Sitzungsber. d. Wiener Akademie. Bd. 51) zuerst beobachtet; kurze Zeit hierauf wurden meine Beobachtungen von A. Vogl (bot. Zeitung 1866) bestätigt.

stellen gewissermassen Pseudomorphosen nach jenen Körpern, aus denen sie enstanden, vor. Sie haben eine gelbe, rothe, rothbraune oder braune Farbe und zeigen die Löslichkeitsverhältnisse der Harze. Sie treten im Holze vieler Bäume (Ulme, Eiche, Ahorn u. s. w.), ferner in der Rinde vieler Pflanzen (z. B. in der neuen Chinarinde [cortex chinae novae]) auf.

Die Körner des Harzmehles sind anfänglich stets geschichtet, was wenigstens nach Einwirkung von Chromsäure oder nach mehrtägiger Einwirkung von fetten Oelen immer zu beobachten ist, manchmal aber auch schon an unveränderten Harzkörnern hervortritt. Manche Harzkörner sind hohl (Markstrahlen des Proteaholzes) andere solid (Markstrahlen des Ahorn- und Ulmenholzes).

Durch Alkalien und kohlensaure Alkalien werden die Harzkörner gelöst, von letzteren unter Ausscheidung von Kohlensäure. Beinahe stets ist die Auflösung der Körner durch fixe oder kohlensaure Alkalien von einer Färbung begleitet, die zwischen rosenroth und amethystviolett liegt. Im Wasser sind die Harzkörner stets unlöslich, im Alkohol, Aether und fetten Oelen verblassen viele derselben, nur wenige im Verschmelzen begriffene Körnchen lösen sich hierin vollständig. Jodlösung färbt manche Harzkörner blau, andere erst auf Zusatz von Schwefelsäure, andere (in Alkohol auflösliche) gar nicht. Eisenchlorid färbt die meisten Harzkörner, manchmal olivengrün (Ulme, Ahorn), manchmal blau (Eiche). Die durch Eisenchlorid nicht zu färbenden lösen sich meist in Aether vollständig auf. Diese Reactionen deuten darauf hin, dass die Harzkörner höchst wechselvolle Gemenge von Harz, Cellulose, Granulose, Gerbstoff und einen durch Alkalien hervorrufbaren Farbstoff sind, und machen es wahrscheinlich, dass die Kohlenhydrate der Stärkekörner vor ihrer Umwandlung in Harz sich in Gerbstoff umsetzen. — Aehnliche Reactionen wie die Harzkörner zeigen auch die in der Harzmetamorphose begriffenen Zellen der Nadelhölzer. In manchen verharzenden Holzzellen gelingt es noch Cellulose, und in weiter vorgeschrittenen Stadien der Umsetzung Gerbstoff nachzuweisen. Aber erst nachdem die letzten Spuren des Gerbstoffes aus den verharzenden Zellen verschwunden sind, treten an diesen die Löslichkeitsverhältnisse des Terpentinharzes

hervor. Das Harz der Pflanzen ist deshalb ein Umwandlungsproduct der Zellwand [1]) und nicht ein Secret der Gewebe, wie bis auf den heutigen Tag noch von vielen angenommen wird; auch darf es seiner Entstehung nach nicht mehr als ein Oxydationsproduct ätherischer Oele, wie es in Lehr- und Handbüchern der Chemie angeführt wird, betrachtet werden. Vielmehr ist es als ein Körper anzusehen der sich successive aus Stoffen der Zellwand (Cellulose, Gerbstoff) hervorbildet, und der erst das Material zur Entstehung der mit dem Harze gemengt auftretenden ätherischen Oele abgibt [2]).

Chlorophyll (Blattgrün). Die grüne Färbung der Pflanzentheile wird fast immer von körnigen im Inhalte der Zellen auftretenden Substanzen hervorgebracht [3]). Dieser Zellinhaltsstoff kann in drei verschiedenen Formen auftreten: als formloses Chlorophyll oder als Chlorophyllkorn, d. i. als solides Korn mit farbloser Grundmasse und grünem Ueberzug, endlich als Chlorophyllbläschen, d. i. als hohles farbloses Körperchen mit grün gefärbter Hülle (z. B. in den Zellen vieler unreifer Früchte). Am häufigsten kommen Chlorophyllkörner vor, und besteht deren farblose Grundmasse meist aus Stärke oder einer wachsartigen Substanz, oder endlich aus einem Körper von protoplasmatischem Charakter. Das Chlorophyll tritt meist im Parenchym der Blätter und Stengel, nicht aber in der Oberhaut der Gewächse auf. In jungen Zellen sind die Chlorophyllkörner (oder Bläschen) im Protoplasma eingebettet, in älteren Zellen schwimmen sie im wässerigen Zellsafte umher, in ausgetrockneten Geweben endlich liegen sie im luftführenden Hohlraum (Lumen) der Zelle.

Die Substanz des formlosen Chlorophylls und die grünen Hüllen der Körner und Bläschen zeigen die Löslichkeitsverhältnisse der Harze (löslich in Alkohol, Aether und Alkalien) die weingeistige oder ätherische Lösung fluorescirt mit rother Farbe. Chlorophyllkörner sind gleich den Stärke-, Gerbstoff- und Harz-

---

[1]) Wurde zuerst von Karsten erwiesen, und später durch Wigand in ausgedehnter Weise bestätigt.

[2]) Ueber die Entstehung des Harzes im Innern von Pflanzenzellen. l. c.

[3]) Die Farbe mancher Algen (Oscillarien) rührt von einer in Zellsaft gelösten Substanz her, die nach den Beobachtungen von A. Weiss das optische Verhalten des Chlorophylls zeigt.

körnern sehr haltbare Gebilde und lassen sich nicht nur in trockenen Geweben (besonders in getrockneten Blättern) sondern selbst noch in manchen aus chlorophyllführenden Geweben bereiteten Waaren (ungebleichte Schäffer'sche Maispapiere) mit Leichtigkeit erkennen. —

Farbstoffe. Oben (p. 62) wurde gesagt, dass in den Farbhölzern die Zellmembran der Träger der Farbstoffe ist. In der weitaus grössern Zahl der Fälle ist aber der Zellinhalt der Ort des Vorkommens dieser Körper. Hier treten dieselben in dreierlei Form auf: als gelöste Stoffe, als Farbbläschen und Farbkörner.

Gelöste Farbstoffe treten in vielen Blumenblättern (beinahe in allen roth, violett und blau gefärbten), ferner in den Zellen der Oberhaut gefärbter Stengelblätter (Tradescentia, Marantha discolor, Begonia-Arten etc.) und farbiger Früchte (Weintraube, Aepfel etc.), ferner im Parenchym gefärbter Früchte. (Kirschen etc.) auf. Der rothe, lila- oder violett gefärbte Zellsaft wird durch Alkalien blau oder grün, der blaue wird durch Alkalien nicht geändert. Der roth bis violett gefärbte Zellsaft wird, wenn entweder kein Gerbstoff oder ein eisenbläuender Gerbstoff vorhanden ist, durch Alkalien stets blau, und nur bei gleichzeitigem Vorhandensein von eisengrünendem Gerbstoff grün gefärbt. Der eisengrünende Gerbstoff wird nämlich durch Alkalien stets gelb, der rothe oder violette in den Zellsäften aufgelöste Farbstoff als solcher durch Alkalien blos blau gefärbt; das Auftreten einer Grünfärbung in dem genannten Falle kann daher nicht befremden: das entstehende Grün ist nämlich eine Mischfarbe aus Blau und Gelb [1]).

Farbebläschen sind zumeist im wässerigen Zellsaft z. B. in den Beeren des Bocksdorns (Lycium barbarum) suspendirt.

Farbekörner sind kleine solide Körperchen von ganz unbestimmten Umrissen. Gelbe Farbstoffkörner finden sich in vielen Blüthenblättern (Calendula), rothe Farbstoffkörner im Krapp [2]). — Ueber den feineren Bau und die chemische Beschaffenheit der Farbekörner liegen noch keine genauen Untersuchungen vor.

[1]) Wiesner. Beobachtungen über Farb- und Gerbstoffe (Bot. Zeit. 1860).
[2]) S. Fig. 30, *f*, p. 62.

Manche aus Pflanzentheilen bereitete Farben z. B. der Indigo sind in den Zellen in ungefärbtem Zustande (als sogenannte Chromogene) enthalten; über ihr Auftreten in der Zelle liegen noch keinerlei Beobachtungen vor, wie denn überhaupt die Pflanzenfarben vom histologischen Standpunkte und zum Theil auch vom chemischen Standpunkte aus noch höchst ungenügend erforscht sind.

Gummi und Zucker sind, wenn sie als Inhaltsstoffe auftreten (Gummiarten z. B. Bassorin können, wie oben gesagt wurde, auch an der Membranbildung Antheil nehmen), fast immer im aufgelösten Zustande vorhanden. Das Gummi (Dextrin, Arabin und Bassorin) geht in der Zelle manchmal aus Stärkekörnern hervor und tritt dann nicht selten im festen Zustande im Zellinhalte auf[1]). Der Zucker der Pflanzenzellen (Rohrzucker, Traubenzucker, Mannit, Inosit u. s. w.) ist in lebenden und unausgetrockneten Geweben nur im Zellsafte aufgelöst vorhanden; nur in ausgetrockneten Geweben kann sich der Zucker als fester Bestandtheil des Zellinhaltes vorfinden.

Arabin und Dextrinkörner sind im Wasser, Bassorinkörner in Alkalien löslich; in Alkohol, Aether und fetten Oelen sind alle Gummiarten unlöslich.

Die Nachweisung der im Zellsafte aufgelösten Kohlenhydrate ist ziemlich schwierig, besonders wenn mehrere dieser Stoffe neben einander vorkommen oder noch mit anderen Substanzen (z. B. mit Eiweisskörpern) gemengt sind.

Am einfachsten ist noch die Nachweisung des gleichzeitigen Vorkommens von grösseren Eiweissmengen und Rohrzucker in einer und derselben Zelle (in vielen Pollenkörnern), wo auf Zusatz von Schwefelsäure der Zellinhalt eine rosenrothe, oft in's violette geneigte Färbung erhält.

Die nachstehenden mit dem Trommer'schen Reagens (schwefelsaures Kupferoxyd und Kalihydrat)[2]) zu erzielenden Reactionen geben Anhaltspunkte zur directen Nachweisung der gelösten Kohlenhydrate in der Pflanzenzelle.

[1]) Wigand. Pringsh. Jahrb. Bd. III.

[2]) Dieses Reagens wurde zu mikrochemischen Zwecken zuerst von Sachs (Sitzungsber. d. kais. Akad. d. Wiss. Bd. 136 p. 5) benützt.

Arabin gibt mit schwefelsaurem Kupferoxyd auf Zusatz von Kalilauge einen blauen beim Kochen sich zusammenballenden und hierbei sich nicht schwärzenden Niederschlag.

Dextrin, in gleicher Weise behandelt, scheidet aus dem Reagens beim Erwärmen rothes Kupferoxydul aus, dessen ziegelroth gefärbte Körnchen unter Mikroskop lebhafte Molecularbewegung zeigen [1])

Traubenzucker scheidet unter gleichen Verhältnissen allerdings auch Kupferoxydul aus; dasselbe besteht aber aus grösseren zu gelbrothen Flocken vereinigten Körnchen.

Bei Gegenwart von Rohrzucker erhält man durch das Trommer'sche Reagens blos einen blauen Niederschlag, der bei kurz andauerndem Kochen sich nicht verändert.

Eiweiss für sich wird durch das Reagens violett gefärbt, erscheint aber im durchfallenden Lichte weinroth. Auch dieser Körper reducirt bei kurz andauerndem Kochen das im Reagens enthaltene Kupferoxyd nicht.

Ein Gemenge von Eiweiss und Rohrzucker reducirt rasch das Kupferoxyd; es fällt rothes Kupferoxydul aus der Lösung heraus.

Ein Gemenge von Eiweiss und Dextrin erzeugt einen in's Gelbe geneigten Niederschlag; letzterer ist bei Gegenwart grösserer Mengen von Dextrin rein gelb.

Ein Gemische von Dextrin und Traubenzucker gibt keine characteristische Reaction.

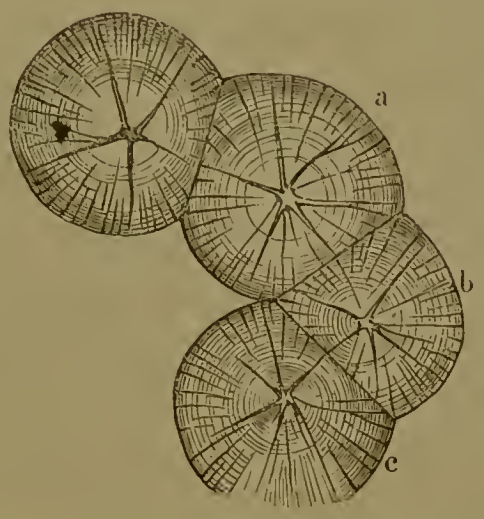
Inulin. Dieser mit der Stärke nahverwandter, auch Alantstärke genannte Stoff findet sich in den Zellen blos im aufgelösten Zustande, und nicht, wie man früher behauptete in Körnerform. Durch Kochen Inulin haltiger Gewebe (Knollen von

---

[1]) Unter Molekular- oder Brown'scher Bewegung versteht man eine zitternde Bewegung mikroskopisch kleiner (organischer oder unorganischer) Körnchen, die, in Flüssigkeit schwebend, sich gegenseitig anziehen und abstossen. Feinangeriebene Tusche oder Berliner Blau, in Wasser vertheilt, sind instructive Objecte für diese Erscheinung, die sich hier und im obigen Falle schon bei 200—300maliger Vergrösserung constatiren lässt.

Georginen, Alant u. s. w.) fällt das Inulin nach erfolgter Abkühlung aus der filtrirten Lösung in Form eines überaus feinkörnigen Pulvers nieder. Aus sehr concentrirten wässerigen Inulinlösungen fällt es in sogenannten Sphärokrystallen (Fig. 41) zu Boden. Die Sphärokrystalle des Inulins entstehen auch in inulinführenden Geweben durch Behandlung derselben mit hochprocentigem Alkohol oder Glycerin [1]).

Figur 41.



Sphärokrystalle aus einer sehr concentrirten wässerigen Inulinlösung freiwillig abgesetzt. *a* unverändert, *b*, *c* nach Einwirkung von Salpetersäure. (Nach Sachs.)

Das Pulver des Inulins wird durch Jod nicht wie die Stärke gebläut, sondern blos gelb gefärbt, in Aether, Alkohol, in oxydirenden und nicht oxydirenden Säuren löst es sich auf, ebenso in Wasser bei 50—55° C. Durch Kochen in Wasser oder in verdünnter Schwefelsäure geht es in redueirenden Zucker über.

Fette Oele sind in einer grossen Menge von Pflanzen und zwar vornehmlich im Gewebe der Samen (Mandeln, Nüsse, Leinsamen, Baumwollsamen etc.) zu finden; in geringen Mengen treten sie in den Geweben vieler oberirdischen, ja selbst unterirdischen Pflanzentheile (z. B. in den Zucker führenden Zellen der Runkelrübe [2]) auf. Als Zellinhaltsstoffe sind dieselben stets im flüssigen Zellsafte als Tröpfchen suspendirt. Manche Oeltröpfchen lassen sich schon bei schwachen Vergrösserungen erkennen; doch gibt es selbst Tröpfchen von geradezu unmessbarer Kleinheit. In den meisten ölführenden Zellen zeigen die Oeltröpfchen die ver-

[1]) Ueber die Sphärokrystalle des Inulins. Botan. Zeitung 1864. Nr. 12.

[2]) Nach meinen Beobachtungen tritt das fette Oel der Runkelrüben in der sich verflüssigenden Intercellularsubstanz des saftreichen Gewebes und zwar in Form sehr kleiner, in fettem Oele (Olivenöl) verschwindender Tröpfchen auf. Hier ist es kein Zellinhaltsstoff, sondern ein Umsetzungsproduct der äussersten Zellwandschichten.

schiedensten Dimensionen. Die kleinen zeigen stets lebhafte Molecularbewegung. Alle aus fettem Oele bestehenden Tröpfchen zeichnen sich durch starke Lichtbrechung aus, sind im Wasser unlöslich, in Aether und fetten Oelen löslich; durch Alkalien werden sie in starre auf Wasserzusatz sich auflösende Massen umgewandelt.

Aetherische Oele. Dieselben finden sich vornehmlich in Blüthen, aber auch in Früchten (Fruchtschalen der Orangen) Samen (Doldengewächse: Anis, Kümmel u. s. w.) Blättern (Minze etc.) und treten entweder als kleine, im Zellsafte schwimmende Tröpfchen (Blüthenblätter) oder als grössere Flüssigkeitsmassen in kleinen, durch Auflösung von Zellgruppen entstandenen Zwischenzellräumen (Intercellularräumen) z. B. in Orangenschalen auf. Die mit den Harzen vermengt auftretenden ätherischen Oele dürften wahrscheinlich aus den ersteren hervorgehen und würden in diesem Falle als Umwandlungsproducte der Zellwand anzusehen sein. (Vgl. p. 77).

Die ätherischen Oele, als Zellinhaltsstoffe, bieten dem Mikroskopiker in Folge ihrer hohen lichtbrechenden Kraft und ihrer tropfenförmigen Gestalt allerdings ein den fetten Oelen ähnliches Bild dar; doch lassen sie sich durch ihre Flüssigkeit und leichte Auflöslichkeit in kaltem Alkohol und Terpentinöl in zweifelhaften Fällen immerhin von diesen unterscheiden. Auch erscheinen die Tröpfchen der ätherischen Oele im wässerigen Zellsafte selten, wie die Fetttropfen, als scharf umschriebene kugelförmige, sondern meist als in die Länge gezogene Tropfen.

Im Gemische mit Harzen sind sie in den Geweben nie zu verkennen, da sie mit diesen stets zu halbflüssigen oder weichen Massen (Balsamen) vereinigt sind.

Caoutschouc findet sich im Milchsafte vieler Pflanzen (Euphorbien, Urticeen etc.) und kömmt daselbst in Form sehr kleiner, in ätherischen Oelen aufquellenden, in Schwefelkohlenstoff auflöslichen Küchelchen vor. Ueber die feinere Structur der letzteren und über ihre Abstammung liegen keine genauen Beobachtungen vor.

Gerbstoffe. Die Gerbstoffe haben eine ungemein grosse Verbreitung im Pflanzenreiche. Sie sind aber durchaus nicht, wie man bis auf die neuere Zeit glaubte, Produete absterbender Gewebe, sondern treten gerade vornehmlieh in jungen Zellen auf, und spielen in denselben nieht nur eine hervorragende physiologisehe Rolle, sondern geben auch das Materiale für eine ganze Reihe anderer im Leben der Gewebe auftretender Körper ab. Sie nehmen, wie sehon früher (p. 62) erwähnt, an der Membranbildung Antheil, oder treten als wesentliehe oder hauptsäehliehe Bestandtheile körniger Einsehlüsse der Zellen (Vergl. Gerb- und Harzmehl p. 75) auf.

An dieser Stelle ist nur von jenen Gerbstoffen die Rede, welehe im Zellsafte in Lösung enthalten sind. Sie finden sieh theils im plasmatisehen, theils im klaren Zellsafte. Man kann dieselben stets dureh Eisenehlorid oder dureh Alkalien naehweisen. Eisenchlorid färbt die Gerbstoffe entweder blau (eisenbläuende Gerbstoffe) oder grün (eisengrünende G.). Erstere werden dureh Alkalien nieht, letztere hingegen intensiv gelb gefärbt.

Dureh Anwendung dieser Reagentien überzeugt man sieh, dass vornehmlieh der eisengrünende Gerbstoff ein in Pflanzenzellen ungemein häufig auftretender Körper ist. Die meisten weissen Blüthen und viele unreife Früehte enthalten im wässerigen Zellsafte ihrer Gewebe diesen Körper in reichlieher Menge, was sieh dureh die intensive Gelbfärbung derselben auf Zusatz eines Alkali zeigt. Im Zellsafte junger Zellen fehlen die Gerbstoffe beinahe nie; in manehen Geweben wird ihre Menge mit zunehmender Entwiekelung geringer (saftreiche Gewebe der Früehte), in anderen (Oberhautgewebe vieler Pflanzen) erhält sie sieh bis an's Lebensende.

Organische Säuren, organische und Mineral-Salze. Die saure Reaetion der meisten Zellsäfte hat ihren Grund entweder in freien organisehen Säuren, oder in sauren Salzen, welehe diese Säuren mit Mineralbasen, vornehmlieh mit Alkalien bilden. Von allen organisehen Säuren, welehe als solehe in den Zellsäften auftreten, sind hervorzuheben: Ameisen-, Oxal-, Wein-, Citron- und Äpfelsäure. Ihre Anwesenheit in den pflanzliehen Geweben wurde

Figur 42.

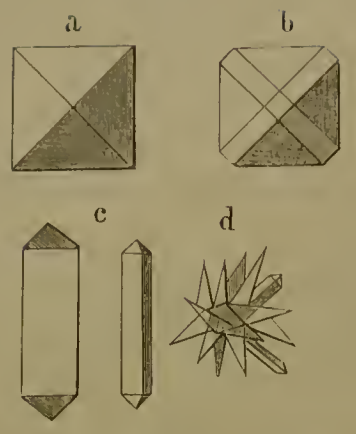


Fig. 42. Krystalle von oxalsaurem Kalk. *a b c* 600mal, *d* 300mal vergrössert. *a b c* Krystalle aus dem Blattparenchym der Tradescantia discolor, *d* Krystallgruppe aus dem Blattparenchym einer Cactee.

Figur 43.

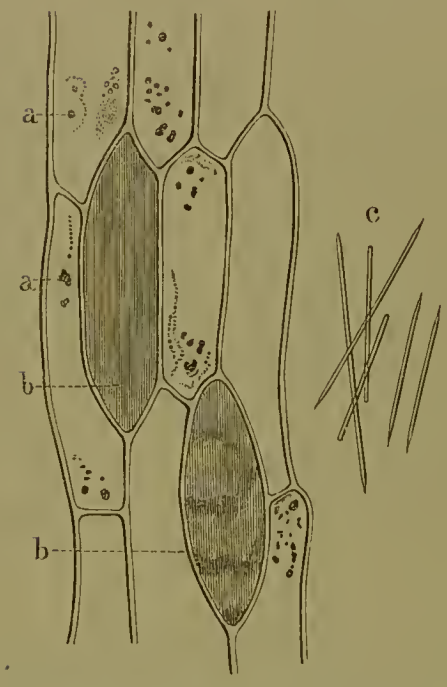


Fig. 43. Vergr. 300. Längenschnitt durch die Rinde der Krappwurzel. *a* Farbstoffkörner, *b* Krystallbündel von oxalsaurem Kalk, *c* einzelne Krystalle.

durch die gewöhnliche Massenanalyse constatirt; ihre directe Nachweisung auf mikrochemischem Wege ist bis jetzt noch nicht versucht worden.

Die Verbindungen der genannten Säuren mit Alkalien sind im Zellsafte in der Regel gelöst; ihre Verbindungen mit alkalischen Erden sind fast durchwegs unlöslich in Wasser und treten in fester, meist krystallisirter Form im Zellsafte suspendirt oder im luftführenden Innenraume der Zelle auf. Salze organischer Säuren mit anderen als den genannten Mineralbasen sind bis jetzt im Zellinhalte noch nicht direct beobachtet worden.

Besonders häufig wurde der oxalsaure Kalk im Zellinhalte beobachtet. Er tritt daselbst in Form rhombischer Krystalle (Pyramiden, Prismen, Domen und in Combinationen dieser Gestalten) auf. Manchmal sind die rhombischen Prismen dieser Substanz ungemein lang und endigen in spitze Pyramiden, so dass die Krystalle die Form von Nadeln haben. Solche Gebilde (Raphiden) treten selten einzeln, meist zu Bündeln (Krystallbündeln) vereinigt, z. B. in den Rindenzellen der Krappwurzel auf.

Auch Krystallgruppen (Drusen u. dgl.) sind im Zellinhalte nicht selten.

Von den in der Zelle auftretenden Mineralsalzen ist vornehmlich der kohlensaure und schwefelsaure Kalk zu nennen. Beide sind an ihren charakteristischen Krystallformen zu erkennen. Der Gyps kömmt beinahe nur in den bekannten monoklinischen Zwillingsformen, der Kalk in einzelnen oder zu Gruppen vereinigten Rhomboëdern vor.

Figur 44.

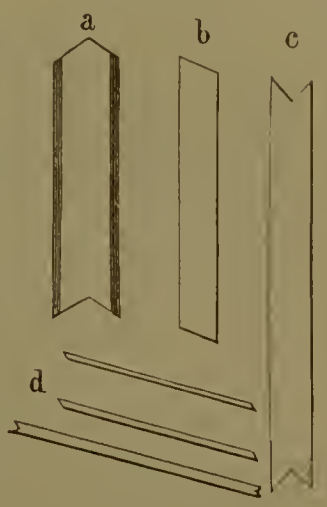


Fig. 44. Vergr. 300. Gypskrystalle aus dem Blattparenchym der Schwertlilie.

Ausser krystallisirten Salzen hat man in neuerer Zeit noch andere krystallisirte Verbindungen im Zellinhalte aufgefunden, z. B. die sogenannten Proteinkrystalle[1]), meist würfelförmige Körper, welche die Raspail'sche Eiweissreaction zeigen, und u. a. auch in dem unter der Kartoffelschale liegenden Parenchym auftreten, die Farbstoffkrystalle der Möhre[2]) u. e. a.

---

[1]) Diese Körper wurden 1856 von Hartig entdeckt. In neuester Zeit wird ihr krystallinischer Character in Zweifel gezogen.

[2]) Fröhde und Sorauer (Beitrag. zur Kenntniss der Mohrrübe. Botanische Unters. Herausg. v. Karsten. I. Heft. p. 34.) finden, dass diese Krystalle, den Abmessungen und dem chemischem Verhalten zufolge, aus Cholostearin (Gallenfett) bestehen, und mit Farbstoffen gemengt sind.

VIERTER ABSCHNITT.

Die Pflanzengewebe.

Uebersicht der Pflanzengewebe.

Wie schon früher erwähnt, treten die Zellen nur verhältnissmässig selten vereinzelt auf; in der Regel vereinigen sich gleichartige Zellen zu einem besonderen gleichartigen Ganzen, zu einem Gewebe. Aber nur relativ wenige und durchwegs auf sehr niederer Stufe der Organisation stehende Pflanzen bestehen aus einerlei Zellen; in der Mehrzahl der Fälle, mit grösserer Bestimmtheit gesagt, überall dort, wo deutliche Blätter, Stengel und Wurzel an dem Aufbaue des Pflanzenkörpers Antheil nehmen, besteht der letztere aus mehreren untereinander verschiedenen Geweben, ja selbst ein und dasselbe Organ (z. B. das Blatt) ist aus mehreren Geweben zusammengesetzt.

Die Art der Vereinigung der Zellen, ihre Form und Structur, ihr physikalischer und chemischer Charakter, endlich ihre Stellung in den Organen der Pflanzen bieten eine grosse Zahl von Anhaltspunkten dar, um die verschiedenen Pflanzengewebe nach Kategorien zu ordnen. So schwer nun wegen der unendlichen Mannigfaltigkeit der Formen eine strenge und scharf abgrenzende Eintheilung der Gewebe durchzuführen ist, so wenig Schwierigkeiten macht es, eine auf direct nachweisbare Charaktere gegründete Uebersicht der häufiger auftretenden Gewebearten zu geben, wie sie etwa für die praktischen Bedürfnisse des Technikers nothwendig ist.

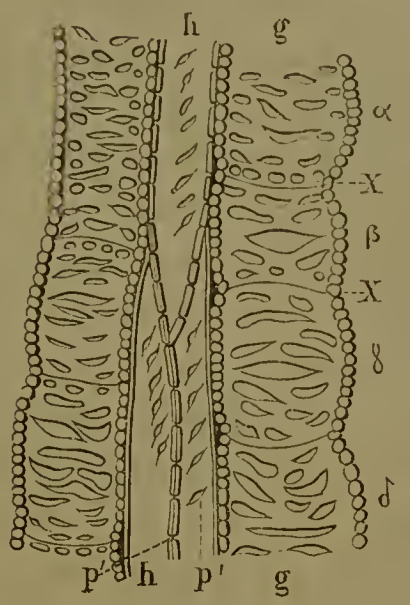
Nach der Art der Vereinigung kann man folgende drei Kategorien von Zellverbindungen unterscheiden [1]):

---

[1]) Die hier folgende Eintheilung wurde von Unger aufgestellt.

1. Das Zellgewebe, eine ständige, d. h. während des ganzen Lebens dauernde und auch darüber hinaus gehende Vereinigung von Elementarorganen, bei welcher der individuelle Charakter der Zelle nicht aufgehoben wird. Es ist dies die gewöhnlichste Art der Zellverbindung. Jede Oberhaut der Pflanze gibt für dieselbe ein Beispiel ab.

Figur 45.

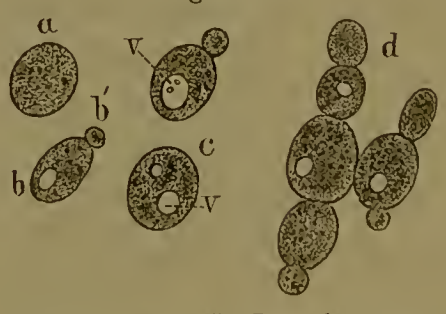


Vergr. 250. *g* Gefässe, *h h* Holzzellen aus den holzigen Theilen der Runkelrübe. *α* — *δ* Zellen, aus denen das Gefäss *g* entstand. *X X* Grenze der Gefässelemente. *p p'* Spaltenförmige Poren der Holzzellen.

2. Die Zellverschmelzung oder Zellfusion. Hierunter versteht man eine Vereinigung mehrerer untereinander gleichartiger Zellen zu einem gemeinsamen Ganzen, wobei der individuelle Charakter der Zellen verloren geht. Die Gefässe der Pflanzen, Zellreihen, welche durch Auflösung der Querscheidewände zu einem längeren röhrenförmigen Gebilde sich umgestalteten, sind Beispiele von Zellfusionen.

3. Die Zelleolonie. Es ist dies eine Vereinigung von Zellen, bei welcher der individuelle Charakter der zusammensetzenden Elemente nicht verloren geht, die sich aber noch während ihres Lebens einzeln oder gruppenweise von einander lösen können. Viele Algen und Pilze, z. B. die Hefe, sind Beispiele hiefür. —

Figur 46.



Vergr. 600mal. Mit Protoplasma erfüllte Hefezellen aus frischer Bierhefe. *v* Vacoulen im Protoplasma.

Nach der Form der Zellen unterscheidet man seit langer Zeit parenchymatische und prosenchymatische Gewebe. Die Elemente der ersten Gewebeart sind bläsehenförmig und häufig abgeplattet, immer aber nach allen drei Richtungen des Raumes ziemlich gleichmässig ausgebildet. Das „Fleisch“ der Früchte und Wurzeln, das Mark der Pflanzen[1]) sind parenchymatische

[1]) Fig. 18. p. 50.

Gewebe. Das prosenchymatische Gewebe besteht hingegen aus hohlfaserigen Elementen, bei denen die Längendimension die beiden Dimensionen des Querschnittes um ein Vielfaches überragt. Der Bast der Bäume, die Holzfasern der Gewächse sind Beispiele von Prosenchym. — Im Holze findet man sowohl parenchymatische (Markstrahlen) als prosenchymatische Elemente (Holzzellen, Gefässe[1]).

Ausser der Faser- und Bläschenform der Zellen findet man in der Natur noch sehr häufig die Plättchenform, eine Zellform, bei welcher zwei Dimensionen des Raumes die dritte überragen. Diese Form der Zellen findet sich fast nur in dem Gewebe der Oberhaut, hier aber beinahe immer vor.

Die Begriffe Bläschengewebe (Parenchym) Fasergewebe (Prosenchym) und Plättchengewebe (Oberhaut) haben, wenn es sich um allgemeine Charakterisirung von Zellverbindungen handelt, ihren Werth, doch reicht man mit denselben keineswegs aus.

Nimmt man ausser auf Form auch noch auf Structur, auf den chemischen Charakter der Zellen und auf ihre Stellung zu den Organen der Pflanzen Rücksicht, so gelangt man zu folgender Eintheilung der Gewebe:

1. Parenchym,
2. Oberhaut,
3. Cambium und dessen Abkömmlinge.

   Prosenchymatische:

   a) Holzzellen,
   b) Bastzellen,
   c) Gefässe,
   d) Siebröhren.

   Parenchymatische:

   e) Markstrahlen,
   f) Holzparenchym.

4. Korkgewebe,
5. Gewebe der Pilze, Flechten und Algen[2]).

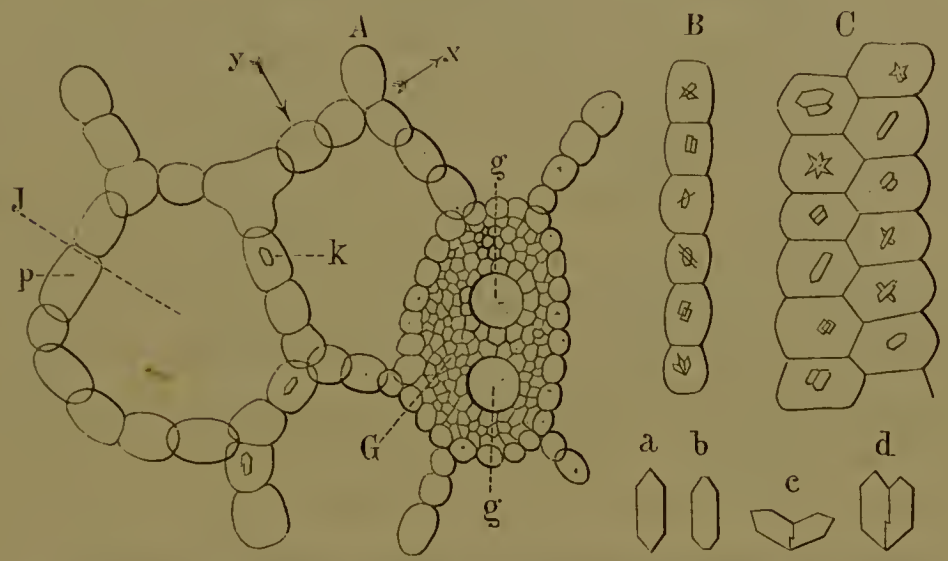
---

[1]) Fig. 17 *II m*, p. 49.

[2]) Diese Uebersicht schliesst sich zum grossen Theile an Schacht's Eintheilung der Gewebearten an. (Lehrbuch der Anatomie und Physiologie der Gewächse. Berlin 1859.

In keiner Art von Geweben erfolgt der Anschluss der Zellen so vollständig, als dass die letzteren nicht Lücken zwischen sich frei liessen. Diese Hohlräume zwischen den Zellen nennt man Intercellulargänge oder Intercellularräume. Erstere sind schmale, lange, im Querschnitte meist drei- oder (seltener) vierseitig gestaltete Zwischenräume in den Geweben [1]; letztere hingegen ausgedehnte, oft die Grösse der begrenzenden Zellen überragende Hohlräume.

Figur 47.



Vergr. 200. *A* Querschnitt durch das Mark der Papyrusstaude (Cyperus papyrus), *p* Parenchymzellen, *G* Gefässbündel, *g* Porengefässe, *k* Krystall, *J* luftführender Intercellularraum. *B, C* Längenschnitte durch das Mark von Cyp. pap., *B* in der Richtung des Pfeiles *y*, *C* in der Richtung des Pfeiles *x* durchschnitten. Alle Zellen enthalten Krystalle (von saurem oxals. Kali?) deren Formen aus *a* — *d* zu ersehen sind.

In der Regel sind die Intercellulargänge und Intercellularräume mit Luft gefüllt; sind sie mit Milchsaft, Harz oder ätherischen Oelen gefüllt, so führen sie die Namen Milchsaftgänge, Harzgänge, Oelgänge.

Sämmtliche grössere, schon durch das freie Auge deutlich wahrnehmbare Hohlräume in den Geweben (die Hohlräume in den Grashalmen, in den Stengeln vieler Doldenpflanzen, im Schafte der Zwiebel u. s. w.) entstehen durch Zerstörung früher vorhanden gewesener Gewebe, manchmal durch Auflösung in Folge

[1]) Fig. 18. *i*, p. 50 und Fig. 24 *i*, p. 55.

chemischer Metamorphose der Zellwände (Oelgänge, vergl. oben p. 82). — Die grösseren lufterfüllten Höhlungen in den Pflanzengeweben führen den Namen Lufthöhlen.

I. Das Parenchymgewebe.

Dieses Gewebe besteht fast durchwegs aus dünnwandigen, bläschenförmigen, nicht auffällig in die Länge gestreckten Zellen von sphärischer, sphäroidischer oder polyedrischer Gestalt. Es findet sich in allen jenen Pflanzen, die deutlich ausgeprägte Blätter und Stengel besitzen (Blattpflanzen) und tritt sowohl an oberirdischen als unterirdischen Organen auf. In den Blättern liegt es innerhalb der Oberhaut, zwischen, über und unter den sogenannten Nerven (Gefässbündeln). In Stengeln, Stämmen und Wurzeln ist es ebenfalls von dem Oberhautgewebe bedeckt und als zusammenhängendes Gewebe zwischen die Gefässbündel eingestreut, die genannten Organe gewissermassen erfüllend. Das Mark der Stämme und Stengel, das Fleisch der Früchte und saftreichen Wurzeln ist mit Parenchym identisch. Die stärke- und ölführenden Gewebe der Samen sind ebenfalls parenchymatischer Natur.

Die Parenchymzellen sind im Ganzen genommen nach allen drei Richtungen des Raumes ziemlich gleichmässig ausgedehnt, doch lässt sich nicht verkennen, dass in Organen, welche der Länge nach entwickelt sind, die an dem Aufbaue desselben participirenden Parenchymzellen parallel der Längenaxe des betreffenden Organes merklich gestreckt sind.

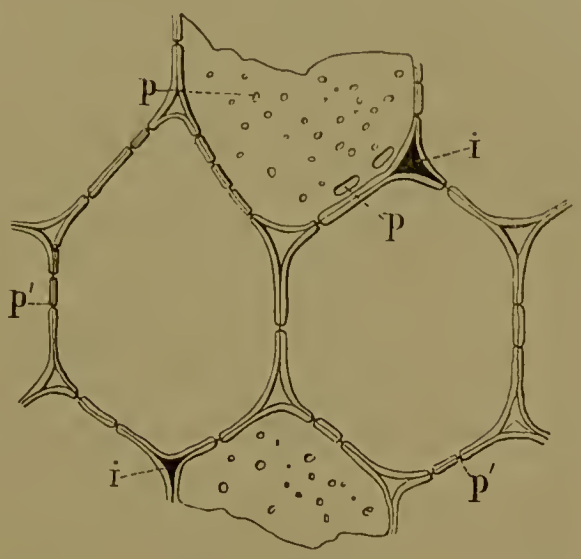
Am häufigsten treten im Parenchym polyedrische Zellen auf, die in Folge ihrer gleichen Grösse stets sechsseitige Querschnitte darbieten.

Die Grösse der Parenchymzellen eines und desselben Gewebes variirt hin und wieder um nicht unbedeutende Längen.

Intercellulargänge kommen in diesem Gewebe immer vor; fast immer sind sie mit Luft erfüllt, und erscheinen dann in Folge totaler Reflexion des Lichtes schwarz. Am schmälsten sind diese Zwischenzellgänge in dem gewöhnlichen, aus polyedrischen Zellen bestehenden Parenchym und haben da stets einen

sphäriseh-dreieekigen Durchsehnitt. Ihre grösste Ausdehnung gewinnen die Intercellularräume in dem sogenannten sternförmigen Parenchym (Mark der Papyrusstaude und der Binsen), dessen Zellen sieh in Folge eigenthümlieher Anordnung nur mit einem Theile ihrer Oberfläehe berühren.

Figur 48.

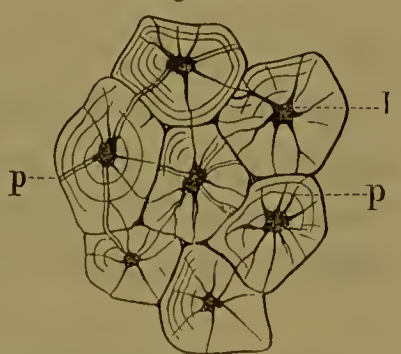


Verg. 300. Querschnitt durch Holundermark. *ii* luftführende Intercellulargänge. (Die übrigen Intercellulargänge erscheinen, da in dieselben bereits die Flüssigkeit, in welche der Schnitt eingelegt wurde, eindrang, farblos) *p* Poren der Zellwand von der Fläche, *p'* im Durchschnitte gesehen.

Die Membranen der Parenehymzellen sind stets Porenzellen und in der überwiegenden Zahl der Fälle dünnwandig; hin und wieder sind sie im hohen Grade derbwandig, z. B. in der Steinschale der Pflaumen, Mandeln, Pfirsiche u. s. w.

Die Zellwand der Parenehymzellen zeigt noch häufig die Reaetion der Cellulose (Mark der Bäume); manehmal geht sie jedoeh im Laufe ihres Lebens partiell eine chemische Metamorphose ein. So verwandelt sie sich in der Runkelrübe in Pectose, in der Rinde der Nadelbäume häufig in Harz. Naeh Ablauf des Lebens verfällt sie häufig anderen ehemischen Metamorphosen; so übergeht sie z. B. in Gummi (Arabin, Bassorin) und bildet den Traganth, das arabisehe und das Kirschgummi. (Fig. 50).

Figur 49.



Vergrösserung 300mal. Zellen aus dem Steinkern der Pflaume. *I*, Innerer, mit Luft gefüllter Hohlraum der Zelle, *p*, Porenkanäle.

Die Intereellularsubstanz der Parenehymzellen zeigt ein höehst versehiedenes Verhalten. Manchmal löst sie sich sehon in kaltem (Ligusterbeeren) oder in koehendem Wasser (Kartoffelknolle); häufig erst in organisehen Säuren (Runkelrübe) oder erst in Chromsäure (Steinschalen der Pflaumen).

Die Stoffe des Zellinhaltes der Parenehymzellen sind höehst mannigfaltig. Beinahe alle organischen Substanzen, die wir aus

Pflanzen gewinnen, wie Stärke, Trauben- und Rohrzucker, fette und ätherische Oele, die meisten Pflanzenfarbstoffe stammen aus

Figur 50.

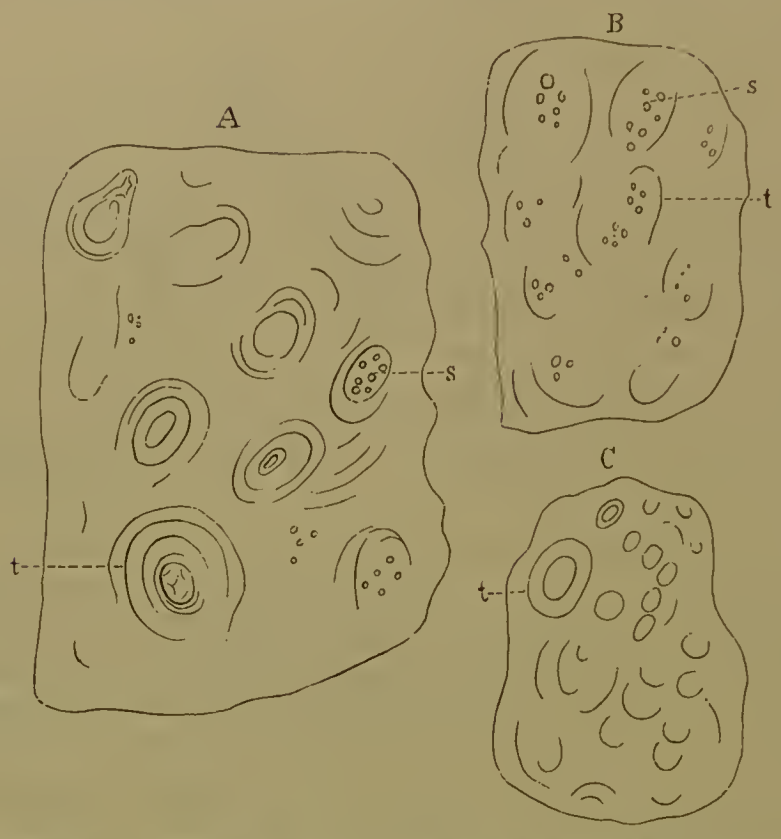


Fig. 50 Traganthsorten. *A* Smyrna- oder Blättertraganth (bester Traganth). *B* Syrischer Traganth. *C* Gummi kutera (schlechte Sorte von Traganth). *t* Reste der Zellwände. *s* Stärkekörner. (Nach Wigand.)

dem Inhalte des Parenchymgewebes. Ausser den genannten Körpern führen die Parenchymzellen noch: Eiweisskörper, Inulin, Harze, Gerbstoffe, organische Säuren (vornehmlich Citron-, Aepfel-, Oxal- und Weinsäure) und Salze (vornehmlich Krystalle von kohlensaurem, schwefelsaurem und oxalsaurem Kalk).

II. Oberhautgewebe.

Dieses Gewebe besteht gewöhnlich nur aus einer Zellschichte, deren Elemente in tangentialer Richtung des betreffenden Organes meist stark plattgedrückt sind (Plättchenzellen). Zellen die sich über das Niveau dieses Gewebes um ein Geringes erheben, nennt man Papillen; Zellen, welche die Höhe der Plättchen um ein Bedeutendes überragen und dadurch Faserform annehmen,

Haare. Die Plättchenzellen der Oberhaut werden kurzweg als Oberhautzellen angesprochen.

Mit Ausnahme der Pilze, Algen und Flechten kömmt dieses Gewebe an allen Pflanzen vor. Es überdeckt die Blätter (Laubblätter, Blüthenblätter u. s. w.) Stengel und Wurzeln. Die Zellen dieses Gewebes haften sehr fest aneinander, weit fester als an dem Gewebe, welches sie bedecken (zumeist Parenchym); dies ist der Grund, warum sich die Oberhaut meist so leicht in Form eines zarten Häutchens von den Organen ablösen lässt.

Man unterscheidet gewöhnlich drei Formen der Oberhaut: das aus zarten, dünnwandigen Zellen bestehende Epithel (an Blumenblättern), das aus derbwandigen Elementen bestehende Epiblem (an Wurzeln), endlich die gewöhnliche, aus mässig verdickten Zellen zusammengesetzte Epidermis [an Stengeln, Laubblättern und anderen derben Blattorganen (Kelchblätter, Deckblätter der Laubknospen, Schuppen der Tannenzapfen u. s. w.)]. Das Epithel ist häufig papillös, die Epidermis oft haarig; dem Epiblem fehlen Papillen und Haare.

Die äussersten Wandschichten der Oberhautzellen setzen sich dort, wo sie wieder an Zellwände entweder nachbarlicher Oberhautzellen oder Elementen des Parenchyms angrenzen, in Intercellularsubstanz, dort wo sie frei in die Luft ragen in die der Intercellularsubstanz nahe verwandte Cuticula um. In dickerer Lage und desshalb klar ausgeprägt, findet sich die letztere an der Oberseite stark glänzender, meist tiefgrün gefärbter Blätter (Ficus elastica, Camellia etc.) Die Cuticula ist entweder structurlos (an den meisten Laubblättern), oder sie zeigt ein streifiges (Blumenblätter, Haare) oder körniges (Haare) Aussehen.

Die Wände der Oberhautzelle sind nicht allerorts gleich stark verdickt. Die obere, von der Cuticula bedeckte Wand ist in der Regel bedeutend dicker als die Seitenwände und als die an das Nachbargewebe anschliessenden Zellwände, was am deutlichsten an der Epidermis hervortritt.

Im jugendlichen Zustande besteht selbstverständlich der Inhalt jeder Oberhautzelle aus Protoplasma. Der Inhalt der Epithelialzellen bleibt meist bis an's Lebensende auf dieser

protoplasmatischen Stufe stehen, während die Epidermis- und Epiblemzellen bald wässerigen Zellinhalt führen. Grobkörnige Einschlüsse (Stärke, Chlorophyll) fehlen in den Oberhautzellen; während im Zellsafte aufgelöste Substanzen (z. B. Farbstoffe) darin sehr häufig auftreten.

Junge Zellwände der Oberhaut bestehen vornehmlich aus Cellulose. Mit zunehmendem Alter wird dieser Körper zum grossen Theile in andere Substanzen umgesetzt, so zwar, dass die Zellwände erst dann die Cellulosereaction zeigen, wenn man sie durch Chromsäure von dem Umwandlungsproducte der Cellulose reinigt. Die ältesten Zellwandschichten der Oberhaut gehen in Intercellularsubstanz und Cutieula über; die Wandschichten mittleren Alters verwandeln sich in Korksubstanz und bilden dann die sogenannten Cutieularschichten der Oberhaut; die innersten, jüngsten Wandschichten setzen sich häufig in Gerbstoff um; Eisenchlorid färbt sie dann schmutzig grün, Alkalien gelb. Die Epidermis enthält von allen Gewebearten die grössten Mengen von Mineralbestandtheilen [1]). Viele Oberhautzellen besonders von Gräsern und Schachtelhalmen sind sehr reich an Kieselsäure. (Ueber Kieselskelett und Kieselzellen der Oberhaut, siehe oben p. 65).

Die Form und Grösse der Oberhautzellen ist für die Erkennung vieler Pflanzen und Pflanzentheile von sehr grosser Wichtigkeit, wodurch die Oberhautzellen in mikroskopisch-technischer Beziehung, vornehmlich für die Prüfung von Papier und Gewebe, eine nicht geringe Bedeutung gewinnen.

Wegen ihrer plattgedrückten Form sieht man die Oberhautzellen in der Regel von der Fläche aus, wesswegen wir dieser Ansicht unsere Aufmerksamkeit besonders zuwenden wollen. Uebrigens bestimmt auch der von der Fläche aus gesehene Umriss der Zelle die Form derselben, da sie ja stets Plättchen mit congruenter Ober- und Unterfläche bilden.

---

[1]) Ich habe die Gewebe, welche die Stämmchen von Solidago canadensis aufbauen, mechanisch isolirt und einzeln veraschet; hierbei erhielt ich:

Epidermis . . .	10·52 % Asche	Holzgewebe . . .	1·55 % Asche
Bastgewebe . .	2·46 % „	Parenchymgewebe	3·96 % „

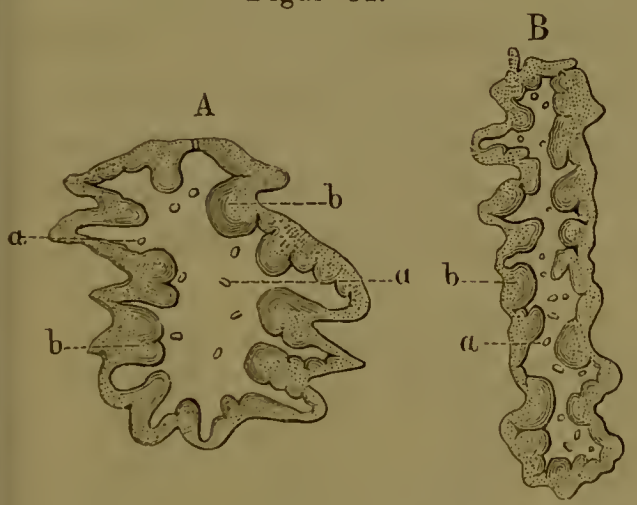
(Oesterr. botan. Zeitung. 1860. Nr. 10.)

Der Hauptumriss der Flächenansicht jeder Oberhautzelle ist polygonal und entweder geradlinig oder krummlinig contourirt. Die häufigsten Formen der Hauptumrisse sind Rechtecke und langgestreckte Sechsecke. Die Seiten beider Figuren sind entweder geradlinig (an den meisten Laubblättern) oder krummlinig und dann wellenförmig (Blätter und Halme der meisten Gräser).

Obwohl die Oberhautzellen der Gräser, ja selbst die der Stroharten im Allgemeinen eine ziemliche Uebereinstimmung in ihrem Baue zeigen, so kann man doch durch genaueres, mikroskopisches Studium der Grössen- und Formverhältnisse dieser Zellen ganz sichere Merkmale für die Unterscheidung der Stroh-Arten finden.

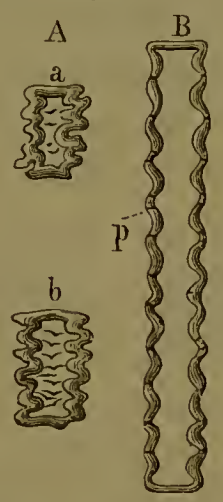
Ich habe versucht[1]) die wichtigsten aus Stroh verfertigten Papiere (Roggenstroh-, Mais- und Espartopapiere) auf mikroskopischem Wege auf die Faser zu prüfen, und habe die sichersten und am leichtesten fassbaren Charaktere in den Oberhautzellen gefunden. Fig. 51 zeigt die Oberhautzellen der Maislische,

Figur 51.



Vergr. 250. Oberhautzellen von der unteren Blattfläche der Maislische nach kurzer Einwirkung von Chromsäure. *a* Poren, *b* Schichten der Zellwand.

Figur 52.



Vergr. 250. *A* Oberhautzellen vom Espartohalme, *B* vom Roggenstroh, nach kurzer Einwirkung von Chromsäure, wodurch die Zellen isolirt wurden, und die Zellwände Schichtung annahmen. *p* Poren in der Zellwand.

Fig. 52 die Oberhautzellen des Roggen- und Espartohalmes. Die Zellen sind im richtigen Grössenverhältnisse gezeichnet. — Die

[1]) Mikroskopische Untersuchung der Stroh- und Espartopapiere. Wochenschrift des niederösterr. Gewerbevereines 1865, p. 594 und Untersuchung der Maisfaserproducte. Dingler's polytechn. Journal. Band 175, p. 225 ff.

zu einer genauen Untersuchung der Papiere sehr wichtigen Grenzwerthe der Längen und Breiten der genannten Oberhautzellen, sind folgende:

Oberhautzelle	Länge	Breite
Maislische	0·108 — 0·252^{mm}	0·036 — 0·090^{mm}
Roggenstroh . . .	0·086 — 0·345	0·010 — 0·016
Espartostroh . . .	0·028 — 0·088	0·007 — 0·019

Die Grössenunterschiede sind mithin in die Augen springende; aber auch Form und Verdickung dieser drei Arten von Oberhautzellen zeigen auffällige Verschiedenheiten.

Ich habe ferner versucht[1]) die wichtigsten Arten des Getreidestrohes durch die Form der Oberhautzellen zu unterscheiden, da mich auch an diesen Objecten eine vergleichende histologische Untersuchung gelehrt hat, dass die Oberhautzellen von sämmtlichen Zellen des Halmes die schärfsten mikroskopischen Charaktere darbieten.

Die Hauptumrisse der Epidermiszellen von Roggen-, Weizen- und Haferstroh sind ziemlich regelmässig rechteckig; erstere haben stark wellenförmig gekrümmte Grenzlinien, während die Oberhautzellen des Weizenstrohes geradlinige, die des Haferstrohes hingegen ganz seicht ausgebogene Contouren besitzen. Die Oberhautzellen des Gerstenstrohes sind rhomboidisch oder trapezoidal und nicht selten verbogen. Für die Längen und Breiten der (von der Fläche aus gesehenen) Oberhautzellen erhielt ich folgende Werthe:

	Länge d. Oberh.-Zellen	Breite d. Oberh.-Zellen
Stroh der Gerste . . .	0·103 — 0·224^{mm}	0·012 — 0·014^{mm}
„ des Roggens . .	0·086 — 0·345	0·010 — 0·016
„ „ Weizens . .	0·152 — 0·449	0·018 — 0·024
„ „ Hafers . . .	0·186 — 0·448	0·012 — 0·017

Für das Leben der Pflanze höchst wichtige, aber auch zur richtigen Deutung vieler mikroskopischer Objecte sehr bedeutungsvolle histologische Elemente der Oberhaut sind die Spaltöffnungen. Es sind dies höchst charakteristisch-geformte, meist in der Oberhaut liegende Organe, welche den Ein- und Austritt

[1]) Mikroskopische Untersuchung der Papierfasern. Oesterr.-botanische Zeitung. 1864. Nr. 3.

von Gasen durch die Oberhaut bewerkstelligen. Sie bestehen meist aus zwei halbmondförmigen Zellen, welche sich enge an die Oberhaut anschliessen. Zwischen beiden Zellen kömmt ein freier Raum (Spalte) zu liegen, welcher stets mit einem Intercellularraum des unterliegenden Parenchyms, Athemhöhle genannt, communicirt. (Fig. 53 *A d*).

Figur 53.

A Vergr. 380. Ein Stück Oberhaut von der unteren Blattfläche einer noch nicht vollkommen entwickelten Maislische. Alle Zellen noch jung, mit Protoplasma gefüllt. *a* Oberhautzelle, *b* Kieselzelle, *c* Haar, *d* Spaltöffnung, *z* Zellkern.

B Vergr. 600. Kieselzellen der Maislische durch Veraschung der Oberhaut isolirt; bei *k* ist alle organische Substanz, welche in der Membran lag, verbrannt.

Die Spaltöffnungszellen führen meist einen feinkörnigen plasmatischen, oft von kleinen Chlorophyllkörnern durchsetzten Inhalt. Obwohl diese Zellen häufig in der Fläche der Epidermis liegen (manchmal liegen sie etwas höher oder tiefer als diese), unter allen Umständen aber mit der Epidermis ein Ganzes bilden und deshalb beim Abziehen derselben von einem Pflanzentheile stets mit abgehoben werden, entstehen sie doch stets aus Zellen des unter der Epidermis liegenden Parenchyms. Sie sind echte Parenchymzellen, wie dies ja auch ihr Chlorophyllhaltiger Inhalt lehrt, der den Oberhautzellen stets fehlt. Dem Epithel fehlen in der Regel die Spaltöffnungen, ebenso dem Epiblem [1]). Aber auch in der Epidermis treten sie nicht immer auf. An der Stengeloberhaut fehlen sie allerdings nie, wohl aber an manchen Theilen der Blattoberhaut. Häufig fehlen die Spaltöffnungen an der oberen Blattseite und kommen in reichlicher Menge an der unteren vor (Oelbaum, Eiche, Linde, Birke), manchmal führen

[1]) A. Weiss (Pringsheim's Jahrbücher. Bd. IV.) hat in einzelnen seltenen Fällen auch an diesen beiden Formen der Oberhaut Spaltöffnungen aufgefunden.

die Blätter an beiden Seiten Spaltöffnungen (Färberwaid, Stechapfel); nur selten kommen blos an der Oberseite der Blätter diese Gebilde vor (an Wasserpflanzen mit schwimmenden Blättern).

Es erübrigt noch die Anhangsorgane der Oberhaut, das sind Haare, Borsten und Schuppen zu bespreehen.

Haare sind ein- oder mehrzellige, der Oberhaut angehörige Gebilde, welehe in grösseren oder geringeren Mengen zwischen den Plättehenzellen eingestreut liegen und dieselben um ein Bedeutendes überragen.

Manehe Oberhäute führen nur einzellige (Baumwollkapsel), andere blos mehrzellige Haare (Sehaft des gemeinen Löwenzahn's).

Figur 54.

Vergr. 400. Baumwolle. *A* in Luft, *B* in Wasser liegend, *c* Cuticula.

Manchmal treten an einer und derselben Oberhaut sowohl ein- als mehrzellige Haare auf. So beobaehte ich an beiden Seiten der Maislische lange (im Mittel 1·5^{mm}), einzellige, an der Unterseite dieses Blattes kurze (im Mittel 0·135^{mm} lange), mehrzellige Haare; erstere kommen in weitaus grösserer Zahl als letztere vor [1]).

Die Zellen der Haare sind mehr oder minder lange Hohlfasern von mehr oder minder starker Verdickung; sie sind stets mit einer Cutieula überdeckt.

Das für unsere Zwecke wichtigste Haargebilde ist die Baumwolle, welcher wir eine eingehendere Betraehtung widmen müssen.

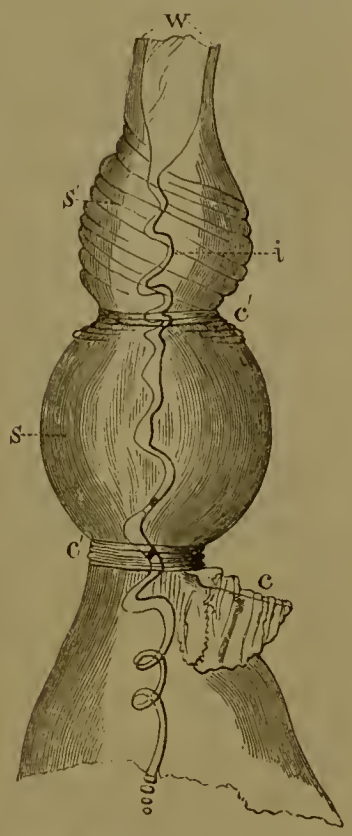
Die Baumwollenhaare sind lange, platte, unverzweigte Zellen, die überaus häufig, sowohl im troekenen als feuehten Zustande um ihre Axe gedreht sind. Die plattgedrückte Form ergibt sich aus Querschnitten des Haares, die sieh aber nur schwer ausführen lassen [2]). Auf einfachere Weise gelangt man

[1]) Fig. 11 *c* p. 41 und Fig. 33 *c* p. 66.

[2]) Baumwolle und ähnliche feinfaserige Körper lassen sich in folgender Weise quer durchschneiden. Man legt eine grössere Menge der Fasern in arabisches

zur Kenntniss der Formbeschaffenheit durch Aenderung der Einstellung mittelst der Mikrometerschraube. Die Baumwolle verschwindet als platter Körper während der Bewegung der Mikrometerschraube eher, als ein Körper von gleicher Breite aber von kreisförmigem Querschnitte dem Auge des Beobachters.

Figur 55.



Verg. 300. Baumwolle nach Einwirkung von Kupferoxydammoniak, *w* die noch unveränderte Zellwand, *c c'* Reste der Cuticula, welche während der starken Aufquellung der Schichten *s* theils fetzenweis abgeworfen *(c)*, theils an einzelnen Stellen des Haares *(c')* zusammengeschoben wurden, *s* secundäre Verdickungsschichten, *i* Innenhaut.

Der Durchmesser des Baumwollenhaares beträgt nach Schacht [1]) $\frac{5-9^{mm}}{400}$ (= 0·0125—0·0225^{mm}). Ich habe die Grenzwerthe gleich 0·0119 bis 0·0276^{mm} erhalten und fand als Mittel aus einer grossen Zahl von Beobachtungen den Durchmesser gleich 0·0164^{mm}; die Zellwand des Baumwollenhaares hat eine höchst verschiedene Dicke. Nur sehr selten ist in Folge starker Verdickung das Lumen so weit verschwunden, dass es blos als dunkle Linie erscheint. Gewöhnlich beträgt der Durchmesser des Zell-Lumens $^1/_4$ — $^2/_3$ des Zelldurchmessers.

Für die Baumwollenzelle höchst charakteristisch ist die häutige Umkleidung derselben, die Cuticula, welche besonders deutlich am trockenen Haare hervortritt.

Sie erscheint als ein sehmalstreifiger, manchmal körniger Ueberzug der Zelle. Bei 200—300maliger Vergrösserung zeigt die in Luft liegende Baumwollenzelle eine, den Streifen der Cutieula parallel laufende Farbenzeichnung, welche durch Interferenz des Lichtes hervor-

---

Gummi und lässt dasselbe eintrocknen oder schmilzt sie in Stearin ein und lässt dieses erstarren. Durch die eingetrocknete oder erstarrte Masse lassen sich nun leicht Schnitte führen, welche, wenn sie im richtigen Sinne ausgeführt wurden und genügsam dünn sind, Querschnitte der Fasern enthalten. In ähnlicher Weise kann man auch Stärkekörner u. dgl. quer durchschneiden. Es ist wohl nicht nothwendig zu erwähnen, dass oft erst zahlreiche Schnitte zu dem gewünschten Resultate führen.

[1]) Lehrbuch I, p. 252.

gerufen wird. Bei 400maliger und noch stärkerer Vergrösserung sind diese spiralig vertheilten Interferenzfarben nicht mehr zu sehen. (S. oben p. 36).

Durch die Cuticula gibt sich die Baumwolle alsogleich als Oberhautgebilde (Haar) zu erkennen und schon dadurch unterscheidet sie sich von allen Bastfasern. (Leinen-, Mais-, Stroh-, Espartofaser u. s. w.)

Durch Jodlösung und Schwefelsäure wird die Baumwolle, da ihre Fasern, die Cuticula abgerechnet, aus Cellulose bestehen, wie alle reineren (weisserscheinenden) Gespinnstfasern blau gefärbt. — Eine höchst charakteristische Reaction ruft an dieser Faser Kupferoxydammoniak hervor (Fig. 55). Sie färbt sich in diesem Reagens momentan blau, quillt stark auf (Fasern von mittlerem Querschnitt oft bis zur Dicke von 0·07^{mm}), die Zellmembran nimmt eine feine Streifung an. Besondere Berücksichtigung verdient das Verhalten der Cuticula und der an Eiweisskörpern reichen Innenhaut. Die Cuticula wird durch dieses Reagens bei der starken Aufquellung der Zellmembran entweder fetzenweise abgeworfen, oder rund um die Zelle geschlossen bleibend, an einzelnen Orten der Zelle zusammengeschoben. An diesen Orten, welche oft in kurzen Abständen längs des Baumwollenhaares vertheilt liegen, kann die Zellwand nicht aufquellen; an den von der Cuticula entblössten Stellen wird sie hingegen blasenförmig aufgetrieben. Die aufgequollene Zellwand vertheilt sich bis zur Unsichtbarkeit im Reagens. Die Cuticula widersteht lange der Einwirkung desselben und schwimmt noch lange in der schleimig gewordenen Flüssigkeit theils in körnigen, lichtbräunlichen Fetzen, theils in ebenso gefärbten, ringförmig zusammengeschobenen Cylindermänteln herum, wird aber schliesslich auch durch das Reagens zerstört und in eine körnige Gelatine umgewandelt. — Beinahe ebenso resistent gegen Kupferoxydammoniak als die Cuticula erweist sich die Innenhaut. Dieselbe bleibt, wenn die sie umhüllende Membran schon ganz und gar der Wirkung des Reagens verfallen ist, als dünner, oft spiralig eingerollter, 0·0023—0·006^{mm} dicker Schlauch im Reagens zurück. Auch er verwandelt sich schliesslich in eine körnig-schleimige Gelatine.

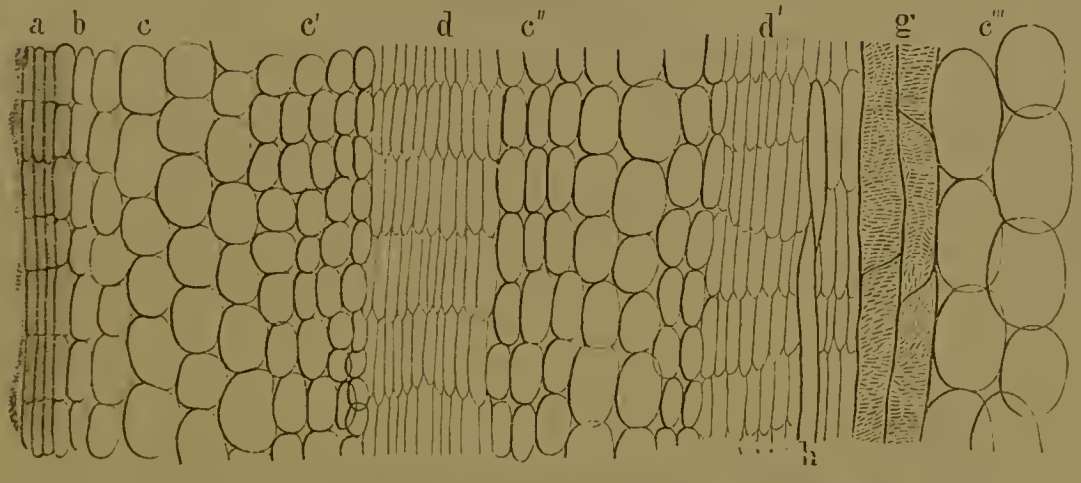
Borsten sind Haare mit spröden, derben Membranen, an welchen ein grosser Theil des Zellstoffes in andere, bis jetzt noch nicht näher untersuchte Substanzen übergeführt wurde, die erst durch Chromsäure aus der Zelle herausgeführt werden müssen, wenn man an der Wand durch Jod und Schwefelsäure die Cellulose-Reaction hervorrufen will.

Auch die Schuppen, welche der Oberhaut anhaften [1]), sind in die Kategorien der Haare zu stellen; sie sind eine besondere Art mehrzelliger Haare, deren Elemente in Folge eines eigenthümlichen Entwicklungsprocesses nicht linear hintereinander, sondern flächenförmig nebeneinander gereiht sind.

III. Das Gewebe des Cambium und dessen Abkömmlinge.

An allen Blatt-Pflanzen treten innerhalb des Parenchyms strangförmige Gewebsgruppen auf, welche man, wenn sie den Blättern angehören, seit Alters her Nerven nennt. Man bezeichnet

Figur 56.



Vergr. 120. Radialer Längenschnitt durch die Runkelrübe, *a* Peridern, *b c c' c'' c'''* Parenchym, *d d'* Cambium, *g* Porengefässe, *h* Holzzellen.

diese Gewebsstränge ganz allgemein mit dem Namen Gefässbündel, ob wahre Gefässe (s. p. 87) darin vorkommen oder nicht. Die Zellen dieser Stränge sind stets und häufig sehr auf-

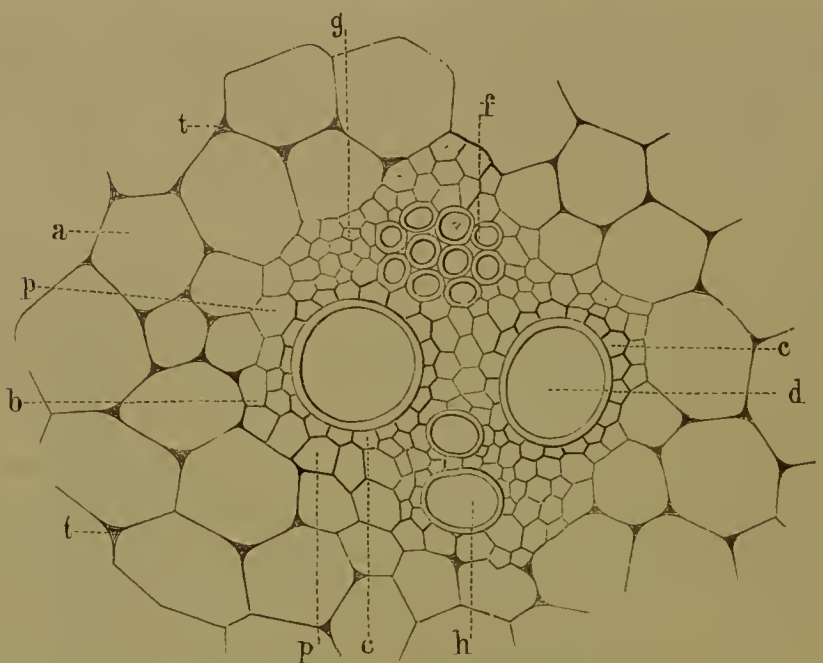
[1]) Sehr instructive Objecte für Schuppen liefern die silberglänzenden Blätter des Oleasters (Elaeagnus europaeus), von welchen man diese Oberhautgebilde durch Abschaben leicht abtrennen kann.

fällig verschieden in Bezug auf Form, Bau und Grössenverhältnisse.

Wie verschieden aber auch die fertigen Elemente eines Gefässbündels beschaffen sein mögen, sie stammen sämmtlich von einem aus homogen erscheinenden Elementen bestehenden Gewebe — dem Cambium — ab. An Bäumen und Sträuchen liegt dieses Gewebe zwischen Holz und Bast. In der Runkelrübe ist es nach aussen zu von Parenchym, nach innen zu von derben verholzten Zellen und Gefässen begrenzt. (Fig. 56).

Während das Cambium im Gefässbündel des Stammes der Dicotylen (Laubbäume, Sträucher, ästige Kräuter etc.) sich scharf von den umgebendem Gewebe sondert, indem es nach aussen von Bast, nach innenzu von Holz begrenzt wird, zeigt sich im

Figur 57.



Vergr. 200. Querschnitt durch ein Gefässbündel und durch das umschliessende Parenchym des Zuckerrohres. *a b* Parenchym, *c* Porenleitzellen, *d* Porengefässe, *h* Spiralgefässe, *f* Bastzellen, *g* Cambiumzellen, *t* luftführende Intercellulargänge.

Gefässbündel des Monocotylen-Stammes (Palmen, Gräser, Liliengewächse etc.) ein allmäliger Uebergang in eine Art von homogenem Gewebe, wesswegen hier das Cambiumgewebe lange nicht mit der Schärfe wie bei den Dicotylen hervortritt. Im Gefässbündel des Stammes der Gefässkryptogamen (Farne, Schachtelhalme, Lycopodien etc.), wo beinahe gleichzeitig sich alle

Cambiumzellen in Gefässe u. dgl. umsetzen, findet sich das Cambiumgewebe selbstverständlich blos in jungen Entwicklungsstadien vor.

Die Cambiumzellen sind stets überaus dünnwandig und haben nur einen kleinen Querschnitt, so dass zum Studium derselben stärkere Vergrösserungen zu verwenden sind. Sie sind langgestreckt, und haben in der Regel eine cylindrische, beiderseits conisch zugespitzte Form. Doch kommen auch prismatisch gestaltete Elemente in diesem Gewebe vor. Die Membranen der Cambiumzellen zeigen stets die Cellulose-Reaction. Sie umschliessen als jugendliche Zellen einen beinahe stets rein plasmatischen Inhalt, in welchem in späteren Entwicklungsstadien eine geringe Menge von wässerigem Zellsaft auftritt. Der Zellkern fehlt nie, die Contraction der Hautschichte [1]) gelingt stets auf leichte Weise, ebenso kann man an diesen Zellen stets die Raspail'sche Reaction auf Eiweisskörper in ausgezeichneter Weise hervorrufen.

In manchen Organen, z. B. in Blumenblättern und Staubfäden, ebenso in der nach aussen zu an das Parenchym angelehnte Gewebe der Runkelrübe bleiben die Zellen des Cambiums bis ans Lebensende des betreffenden Organes auf cambialer Entwicklungsstufe stehen. In sämmtlichen chlorophyllführenden Blättern (Laubblätter, Kelchblätter etc.), in allen verholzenden Stämmen, Wurzeln und Früchten bilden sich die Cambiumzellen nach und nach in längere, weitere und stärker verdickte Gewebselemente um, die sich von einander durch bestimmte specifische Charaktere unterscheiden.

In Bezug auf Dimensionsverhältnisse und Structur der sich aus dem Cambium entwickelnden histologischen Elemente unterscheidet man

prosenchymatische Abkömmlinge:

a) Holzzellen,
b) Bastzellen,
c) Gefässe und Leitzellen,
d) Siebröhren,

[1]) S. Fig. 19 *C* p. 52.

parenchymatische Abkömmlinge:

e) Markstrahlzellen,

f) Holzparenchym.

a) Holzzellen.

Dieselben sind nie fehlende Bestandtheile des dicotylen Gefässbündels. In grössten Massen treten sie im Holze auf. Doch kann man sie ganz deutlich ausgeprägt in allen verholzten Theilen krautartiger Gewächse, ja selbst fleischiger Wurzeln finden [1]). Im Holze der Nadelbäume sind die Holzzellen die einzigen prosenchymatischen Elemente; im Holze der Laubbäume, überhaupt aller Dicotylen, gesellen sich zu ihnen noch andere Prosenchymgebilde: die Gefässe. Es besteht schon hierin ein grosser Unterschied zwischen Nadel- und Laubholz.

Die Holzzellen sind lange, hohle Fasern von meist prismatischer Form. Ihr Querschnitt ist in Folge der Anordnung der Zellen häufig viereitig (s. p. 50) [2]).

Die Länge der Holzzellen ist eine bedeutende, nicht selten beträgt sie 3—5^{mm}. Die Querdurchmesser sind im Allgemeinen wohl sehr variabel; doch nicht selten für bestimmte Holzarten sehr charakteristisch. Kommen Holzzellen und Gefässe gleichzeitig vor, so überragen die Querschnitte der letzteren stets um ein Bedeutendes die der ersteren. So z. B. beträgt der Querschnittsdurchmesser der Holzzellen des Rothbuchenholzes im Mittel 0·015^{mm}; jener der Gefässe 0·065^{mm}. Die Holzzellen der Eiche treten erst bei 50facher Vergrösserung klar hervor, während ein Theil der Gefässe (die sogen. Poren) schon mit freiem Auge ganz gut sichtbar ist.

Die Verdickung der Wand ist beinahe immer nur eine mässige. Sämmtliche Holzzellen sind Porenzellen. Spaltenförmige Poren kommen sehr häufig bei Laubhölzern, Poren mit linsenförmigen Tüpfelräumen bei Nadelhölzern vor. — Ausser den nie fehlenden secundären Verdickungsschichten kommen beinahe an allen Holzzellen noch tertiäre Verdickungsschichten vor. Manchmal haben dieselben ein charakteristisches Aussehen

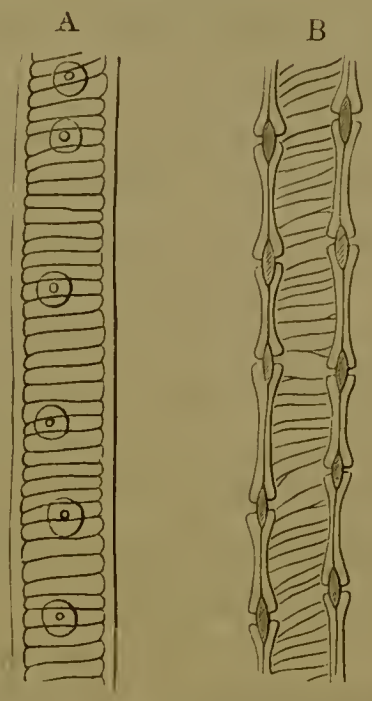
---

[1]) S. Fig. 45 *h*, p. 87.

[2]) S. Fig. 17, p. 49.

und geben dann oft ein wichtiges Mittel zur Erkennung des Holzes ab. So sind z. B. die Holzzellen der Eibe dadurch ausgezeichnet, dass über den getüpfelten, secundären Schichten tertiäre Verdickungsschichten in Form einer Spirale liegen. (Fig. 58).

Figur 58.



Vergr. 400. Getüpfelte Holzzellen der Eibe mit spiralförmigen tertiären Verdickungsschichten. *A* radialer, *B* tangentialer Längenschnitt.

Der Inhalt der fertigen Holzzelle ist von höchst untergeordneter Bedeutung, da beinahe das ganze Protoplasma dieser Zellen zur Wandbildung verwendet wird. Die Zellwand zeigt beinahe nie direct die Zellstoffreaction mit Jod und Schwefelsäure oder mit Kupferoxydammoniak, wohl aber stets nach kurzem Liegen in Chromsäure. Die Intercellularsubstanz besteht nämlich gänzlich und die Zellwand zum Theile aus einem Umwandlungsproducte der Cellulose, welches in Chromsäure löslich ist, und dessen nähere Zusammensetzung und dessen Eigenschaften nicht näher bekannt sind. Gewöhnlich wird dieser Körper mit dem Namen „Holzstoff“ bezeichnet. Bei Anwesenheit des Holzstoffes in den Holzzellen nehmen deren Membranen in schwefelsaurem Anilin eine intensiv citrongelbe bis goldgelbe Farbe an. (S. p. 64).

Die Membranen der Holzzellen verfallen nicht nur einer Holzstoffmetamorphose; sehr häufig wird ein Theil der Cellulose in einen Gerbstoff umgesetzt, dessen Anwesenheit sich dann durch Ammoniak oder Eisenchlorid constatiren lässt. Bei der Harzbildung der Nadelbäume entsteht die grösste Menge des Harzes durch chemische Metamorphose der Zellwand. Die Holzzellen der Runkelrübe unterliegen zum Theile einer Holzstoff-, zum Theile einer Pectinmetamorphose [1]).

[1]) Ueber das Auftreten der Pectinkörper in den Geweben der Runkelrübe l. c.

b) Bastzellen.

Es sind dies Prosenchymzellen, welche sich durch einen hohen Grad von Verdickung, durch ihren chemischen und physikalischen Charakter und durch ihre Lage zum Cambium, aus welchem sie hervorgegangen, von den Holzzellen und den anderen prosenchymatischen Abkömmlingen des Cambiums unterscheiden. Die bekanntesten Beispiele von Bastzellen sind Leinen- und Hanffaser.

Im Stamme der Dicotylen liegen die Bastzellen ausserhalb des Cambiums, welches die Rinde von dem Holze trennt, mithin an der Innenseite der Rinde.

Im Stamme dieser Pflanzen tritt der Bast nur in geringer Mächtigkeit auf, indem ja selbst die Rinde, die doch nur zum Theile aus Bast besteht, gegenüber dem Holzkörper, den sie bedeckt, eine geringe Ausdehnung nach der Dicke besitzt. Im Stamme der Monocotylen kommen die Bastzellen in weitaus grösseren Mengen vor; sie bilden hier geradezu die Hauptmasse des Gefässbündels.

Die Bastzellen sind in der Regel lange, dickwandige Zellen. Ihre Länge beträgt nicht selten mehrere Millimeter. Die Wanddicke ist oft eine so bedeutende, dass das Lumen der Zelle nur als dunkle Linie erscheint (z. B. bei der Leinenfaser). Diese Zellen sind die festesten und haltbarsten Elemente des Pflanzenkörpers und finden desshalb und wegen ihrer Form, die sie zur Anfertigung von Geweben und Gespinnsten tauglich macht, eine ausgedehnte Anwendung.

Man sollte nun glauben, dass die Monocotylen, wegen des schon erwähnten Reichthums an Bastzellen zur Herstellung von Geweben, Papier etc. sich am besten eignen. Dies ist nun insoferne unrichtig, als die Bastzellen dieser Pflanzen gegen jene der Dicotylen an Festigkeit und Dauerhaftigkeit sehr zurückstehen, und mithin zur Anfertigung besserer Producte nicht tauglich sind. So steht z. B. der Bast des neuseeländischen Flachses (von Phormium tenax), des Stroh- und Espartohalmes und der Maislische in den genannten Eigenschaften hinter dem Baste der Leinenfaser. Die Erfahrung hat gelehrt, dass im Allgemeinen die Festigkeit der Bastfasern desto geringer

ist, je massenhafter dieselben von einem Pflanzentheile erzeugt werden. —

Die Verdickungsschichten der Bastzellen sind poröse. Die secundären Verdickungsschichten zeigen oft bei Einwirkung von Kupferoxydammoniak eine spiralige Structur. Das Innenhäutchen ist erst auf Zusatz von Reagentien zu sehen, tritt aber dann oft mit so charakteristischen Formen und Structurverhältnissen hervor, dass es zur Erkennung der Fasern wesentlich beiträgt.

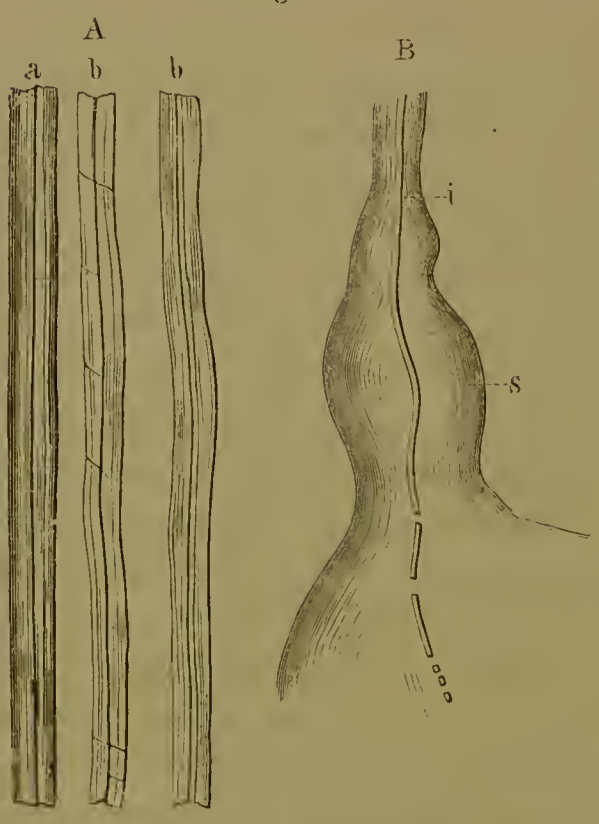
Im Ganzen genommen erleiden die Bastzellen die geringste chemische Veränderung unter allen Pflanzengeweben. Ihre Zellwände bleiben in der überwiegenden Mehrzahl der Fälle das, was sie zu jener Zeit waren, als sie aus dem Protoplasma hervorgingen, nämlich Cellulose. Diesem Umstande verdanken die Bastzellen ihre grosse Widerstandsfähigkeit, durch welche sie sich z. B. von den Holzzellen vortheilhaft unterscheiden. Die letzteren leisten vornehmlich wegen der schon früher angeführten chemischen Metamorphose ihrer Zellstoffwände den mechanischen und chemischen Einwirkungen so geringen Widerstand. — Viele Bastzellen (z. B. Leinenfaser) zeigen schon direct die Reactionen der chemisch reinen Cellulose, sie werden nämlich durch Jod und Schwefelsäure gebläut und durch Kupferoxydammoniak in Lösung überführt. Doch kömmt auch bei diesen Zellen eine partielle Umsetzung der Cellulose in die sogenannte Holzsubstanz vor, sie nehmen dann erst nach der Vorbehandlung in Chromsäure die Cellulose-Reaction an; im unveränderten Zustande werden sie durch schwefelsaures Anilin blassgelb gefärbt. Diese partielle Verholzung findet sich vornehmlich bei jenen Bastzellen vor, die von der Pflanze in relativ grossen Massen producirt werden, also vornehmlich bei den Bastzellen der Monocotylen. Vorzugsweise in dieser partiellen Verholzung dieser Bastzellen ist die Ursache ihrer verhältnissmäsig geringen Festigkeit zu suchen; aber immerhin wirkt auch die minder dichte Structur und die geringere Verdickung der Zellwände dieser Bastzellen oft nicht unbedeutend mit, um deren Festigkeit herabzustimmen.

Die Zahl der technisch verwendeten Bastfasern ist so gross, dass eine detailirte Beschreibung der einzelnen an dieser Stelle nicht gut ausgeführt werden könnte. Es würde dies auch dem

Zwecke dieser Einleitung, in welcher doch wohl nur die Methode der mikroskopisch-technischen Untersuchung gelehrt werden soll, wenig entsprechen, weswegen ich mich hier blos auf die Ausführung einiger hervorragender und zugleich typischer Beispiele beschränke.

α) Leinenfaser. Die unverletzte Bastzelle [1]) des Leines ist sehr lang, sie misst nicht selten mehrere Centimeter, ist glatt an der Oberfläche, rund im Querschnitte, cylindrisch, und unterscheidet sich schon hierdurch auffallend von der Baumwolle. Wie früher erwähnt (s. p. 99) ist die Baumwollenzelle von einer unebenen, körnig-streifigen Cuticula umkleidet, eine Hülle, welche bei der Leinenfaser — einer Bastzelle — gar nicht vorkommen kann. Die Baumwollenzelle ist platt gedrückt, die Leinenfaser im Querschnitte nahezu kreisförmig, ein Unterschied, der sich bei der mikroskopischen Beobachtung auch an den der Länge nach ausgebreiteten Zellen bei Veränderung der Einstellung mittelst der Mikrometerschraube constatiren lässt.

Figur 59.



Vergr. 400. *A* Bruchstücke unveränderter Leinenfaser, *a* in Luft, *b b'* in Wasser liegend, *b* mit deutlichen Porenkanälen, *B* Leinenfaserfragment nach Einwirkung von Kupferoxydammoniak, *s* secundäre Verdickungsschichten, *i* Innenhaut.

Nach Schacht misst der Durchmesser der Leinenfaser $\frac{4\frac{1}{2}-6^{mm}}{400}$ ($= 0{\cdot}0112 - 0{\cdot}0150^{mm}$). Ich fand als Grenz-

[1]) Die im Gewebe schon ausgenützte Leinenfaser zeigt eigenthümliche Zerstörungserscheinungen, welche ich jedoch erst in einem folgenden, der Untersuchung des Papiers gewidmeten Abschnitte beschreiben werde.

werthe die Zahlen 0·0069 — 0·0241^{mm}, und als Mittel aus einer zureichenden Zahl von Beobachtungen die Zahl 0·0141, mit welcher Grösse die meisten Beobachtungen näherungsweise zusammenstimmen.

Die Zellen sind stark verdickt und das Lumen in der Regel so weit verdrängt, dass es nur als eine dunkle, die Faser durchziehende Linie erscheint. Die Faser zeigt oft eine deutliche, durch Auseinanderfallen der Verdickungsschichten hervorgebrachte Längsstreifung und manchmal Porenkanäle, die dann aber stets schief gegen die Grenze der Zellwand verlaufen.

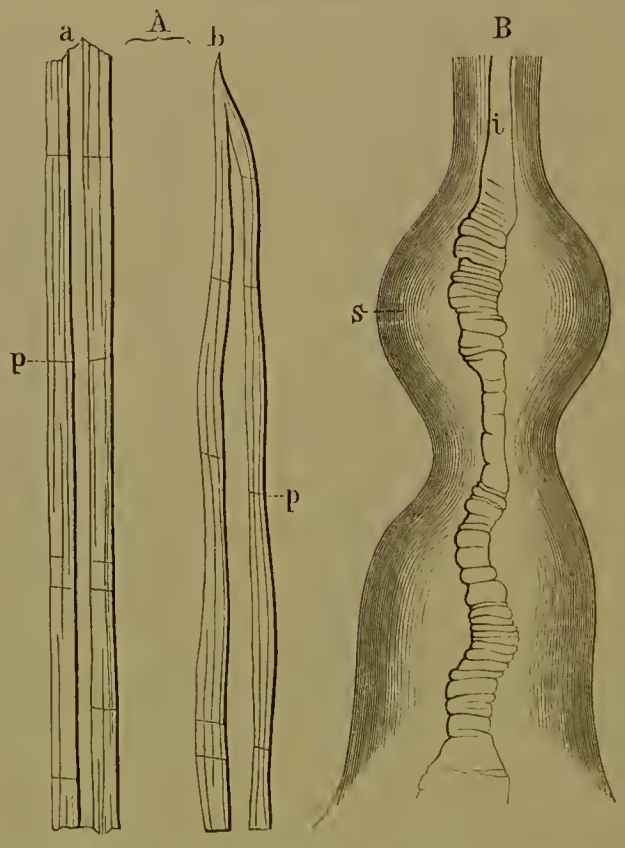
In Luft gelegen, erscheint die Leinenfaser, gleich der Baumwollenzelle bei 200 — 300 maliger Vergrösserung in Interferenzfarben, welche bei mehr als 400 maliger Vergrösserung ausfallen. Hier liegen die Farben aber nicht, wie bei Baumwolle, in Spirallinien, sondern parallel dem Contour der Faser, also in geraden Linien, da sie den auseinanderfallenden Verdickungsschichten ihr Entstehen verdanken.

Kupferoxydammoniak treibt die Zellwand auf, so dass der Durchmesser der Zelle oft die Grösse von 0·055^{mm} annimmt (Fig. 59 *B*). Die Membran erscheint dabei parallelstreifig und entweder geradlinig oder wellenförmig contourirt. Die Zelle verfliesst im Reagens; blos die Innenhaut der Zelle liegt als überaus dünner, gelblich gefärbter, häufig geradgestreckter, seltener wellig gebogener Schlauch in der blauen, nunmehr schleimigen Flüssigkeit. Nach kurz andauernder Einwirkung wird auch die Innenhaut zerstört und in eine feinkörnig-gelatinöse Masse umgewandelt. Die bei der Behandlung der Baumwollfaser mit Kupferoxydammoniak hervorgerufenen, durch scharfe Einschnürungen abgegrenzten Blasen können selbstverständlich bei der Leinenfaser wegen Mangel einer Cuticula nicht vorkommen; ebenso wird man in Fetzenform abgeworfene Membranen, welche an der im Kupferoxydammoniak liegenden Baumwollenfaser jedesmal zu beobachten sind, an der Leinenfaser vergebens suchen. — Jod und Schwefelsäure bläuen diese Faser, Chromsäure bringt sie unter starker Abminderung des Lichtbrechungsvermögens nach längerer Zeit in Lösung, schwefelsaures Anilin bringt an der vollkommen gebleichten Faser keine Farbenänderung hervor. Die

ungebleichte Faser nimmt in diesem Reagens eine schwach gelbliche Farbe an, als Beweis, dass sie nicht frei von Holzsubstanz ist[1]).

β) Hanffaser. Diese ebenfalls sehr lange Bastzelle ist glatt und im Quersehnitte rund; aber sehr häufig weichen die Zellgrenzen von der geraden Linie ab, ein bei der Leinenfaser nur selten vorkommender Fall. Die natürlichen Enden dieser Faser laufen meist ziemlich stumpf aus, nicht selten sind sie sogar elliptiseh abgerundet. Getheilte Enden, die naeh Schaeht häufiger als ungetheilte auftreten sollen, beobaehtete ieh nur verhältnissmässig selten. Fast jede Hanffaser zeigt schon im unveränderten Zustande eine parallele Streifung. Aueh bei diesen Zellen gehört das Siehtbarwerden der immer sehief gegen die Zellwand verlaufenden Porenkanäle beinahe zu den Seltenheiten. Sie treten aber hier ungleieh sehärfer als bei der Leinenfaser hervor. Naeh Sehaeht misst der Durehmesser dieser Zellen $\frac{5—7^{mm}}{400}$ (= 0·0125 bis 0·0175^{mm}). Ieh beobaehtete die Grenzwerthe 0·0103 und 0·0276^{mm}, und deren Mittelwerth 0·0169^{mm}. Die Zellen sind höehst versehieden, aber meist ziemlieh stark verdiekt.

Figur 60.



Vergr. 400. *A* unveränderte, *B* mit Kupferoxydammoniak behandelte Hanffaser, *b* natürliches Ende einer Hanffaser, *p* Porenkanäle, *s* secundäre Verdickungsschichten, *i* Innenhaut.

[1]) Ungebleichter Leinenbast zeigt auf der Objectplatte mit schwefelsaurem Anilin behandelt eine dem freien Auge schon kenntliche Gelbfärbung. Die mikroskopische Untersuchung zeigt aber, dass nicht die Bastfasern, sondern die zwischen diesen Zellen liegenden Reste von parenchymatischem Gewebe diese Färbung hervorrufen, Gewebsreste, welche bei der Verspinnung abfallen.

Das Zell-Lumen beträgt durchschnittlich den dritten Theil der Zelldicke.

Höchst instructiv ist die Einwirkung des Kupferoxydammoniaks auf diese Zellen (Fig. 60). Unter Annahme einer blaugrünen bis blauen Farbe quellen ihre Membranen auf und zeigen hierbei eine zarte parallele Streifung. Es tritt hierbei die jüngste Verdickungsschichte — das Innenhäutchen — als ein breiter, bis 0·0197^{mm} messender, spiralig gefalteter und wahrscheinlich auch spiralig gestreifter Sack hervor. Diese Zellwandschichte nimmt im Reagens nicht selten eine blaue Farbe an und wird einige Zeit nach erfolgter Auflösung der älteren Verdickungsschichten vom Reagens zerstört. Schmale, glatte, gelblich gefärbte Schläuche, die beim Liegen der Leinenfaser in diesem Reagens so häufig hervortreten, gehören bei der Bastfaser des Hanfes zu den Seltenheiten.

Während Baumwolle und Leinenfaser durch Jod und Schwefelsäure schon gebläut werden, tritt bei der Hanffaser nur selten eine rein blaue, häufig eine mehr oder minder in's Grüne geneigte Färbung auf. Vollkommen gebleichte, oder mit Chromschwefelsäure vorbehandelte Hanffaser zeigt, wie leicht begreiflich, die reine Zellstoffreaction, Chromsäure wirkt ähnlich so wie bei der Leinenfaser. Schwefelsaures Anilin ruft an der unveränderten Faser eine deutliche Gelbfärbung hervor, ein Zeichen, dass hier, wenn auch nicht grosse, doch immerhin merkliche Mengen von Cellulose in Holzsubstanz umgewandelt wurden.

γ) Die Bastfasern des Getreidestrohs. Die Bastzellen aus den Halmen unserer Getreidearten (Weizen, Roggen, Gerste, Hafer), die den Hauptbestandtheil der aus Stroh verfertigten Papiere bilden, sind ziemlich gleichartig ausgebildet. Ihre natürlichen Enden sind stets spitz. Bei Roggen, Weizen und Gerste kommen blos unverzweigte Bastzellen vor; beim Hafer habe ich auch manchmal Bastzellen gesehen, welche mit kleinen spitzen Nebenästen versehen waren. Die Durchmesser der Bastzellen haben folgende Grössen:

Gerste	0·0051 — 0·0121^{mm}
Roggen	0·0086 — 0·0172
Hafer	0·0103 — 0·0206
Weizen	0·0103 — 0·0206

Die Verdickung dieser Bastzellen ist meist nur eine mässige, indem das Lumen der Zelle, welches zwischen $^2/_3$ und $^1/_3$ des Querdurchmessers schwankt, gewöhnlich blos $^3/_5$ dieser Grösse misst. Ohne Vorbehandlung in Reagentien lassen diese Zellen keine Structur erkennen.

Die unveränderten Bastzellen aller Stroharten werden durch Kupferoxydammoniak smaragdgrün bis blau gefärbt, ohne hierbei aufzuquellen. Auch durch Jod und Schwefelsäure werden die unveränderten Bastzellen nicht gebläut, sondern gelb oder grün gefärbt. Erst nach der Reinigung dieser Zellen durch Bleichung oder durch Chromsäure rufen Kupferoxydammoniak oder Jod und Schwefelsäure die Reaction der Cellulose hervor. In schwefelsaurem Anilin nehmen die Bastzellen nur eine ganz schwache gelbe Färbung an, was wohl darauf hinweist, dass die Hauptmasse jener Umsetzungsproducte der Cellulose, welche mit reinem Zellstoff in der Wand dieser Zellen gemengt auftreten, nicht Holzsubstanz, sondern ein oder mehrere andere Körper sind, deren Natur bis jetzt nicht näher bekannt ist.

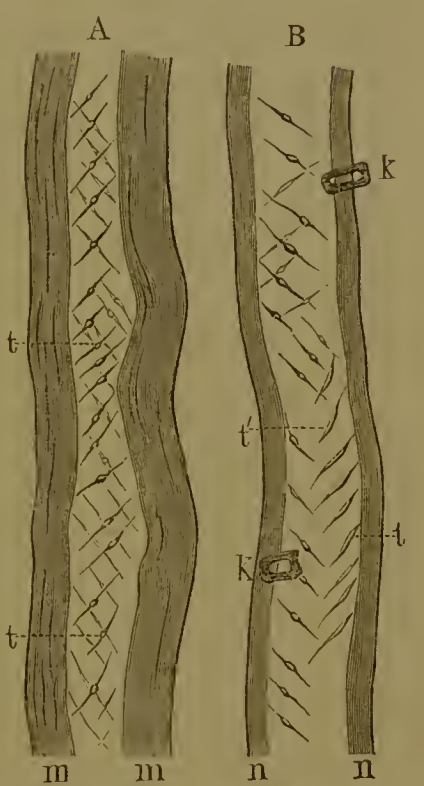
Die Schichtung der Zellwand und die Poren der Verdickungsschichten treten selbst nach der Behandlung mit Chromsäure nur sehr selten hervor, und können bei mittleren Vergrösserungen (200—300fach) selbst geübten Beobachtern entgehen. — Eigenthümlich ist die Zerstörungserscheinung, welche Kupferoxydammoniak an mit Chromsäure vorbehandelten Bastzellen hervorruft. An den Enden der einzelnen Zellen werden kleine Partien der Wand tonnenförmig aufgetrieben, vom Zellkörper abgestossen und hierauf unter noch stärkerer Aufquellung in Lösung übergeführt.

δ) Bastzellen der Maislische[1]). Die Bastzellen aus den Kolbenblättern der Maispflanze machen den Hauptbestandtheil der von Auer erfundenen Maisfaser-Gespinnste und Maisfaser-Papiere aus. Dieselben haben meist konische, seltener abgerundete, gabelförmige oder geweihartige Enden, und sind entweder nahezu geradlinig contourirt oder mannigfach ein- und ausgebuchtet,

[1]) Mikroskop. Unters. der Maislische und der Maisfaserproducte l. c.

manchmal sogar mit konischen Seitenästen versehen. Die Gefässbündel der Maislische sind theils grosse dicke Längsstränge, theils kleine dünne Querstränge, und vornehmlich die Bastzellen der letzteren zeichnen sich durch höchst wechselvoll gestaltete Zellgrenzen und nicht selten durch geweihartige Enden aus. Eine grosse Zahl von Messungen über die Länge dieser Bastzellen führte mich zu den Grenzwerthen 0·432^{mm} und 5·617^{mm}. Die Querdurchmesser dieser Zellen sind in der Regel auffallend gross und schwanken zwischen 0·0103 und 0·0828^{mm}. Die Dicke der Zellwand ist in der Regel eine für Bastzellen sehr geringe, indem die Weite des Zell-Lumens meist $^2/_3$ bis $^4/_5$ des Querdurchmessers der Zelle beträgt; nur sehr selten ist die Verdickung so mächtig, dass das Lumen sich wie bei der Leinenfaser blos auf eine dunkle Linie reducirt. Die Bastzellen der Maislische zeigen stets spaltenförmige, spiralig verlaufende Poren, die in einfacher oder doppelter Reihe die Zellmembran durchsetzen (Fig. 61).

Figur 61.



Vergr. 380. Fragmente von Bastzellen aus der Maislische nach kurzer Einwirkung von Chromsäure. *m m*, *n n* Zellwände, *t* spaltenförmige Poren, *k* Kieselzellen der Oberhaut, welche an der Faser haften.

Die Bastzelle der Maislische zeigt gegen Reagentien folgendes Verhalten. Sie ist reich an einem eisengrünenden Gerbstoff; ihre Membran nimmt nämlich auf Zusatz von Ammoniak eine intensiv gelbe, auf Zusatz von Eisenchlorid eine schmutzig grüne Farbe an. Schwefelsaures Anilin färbt die Membran deutlich gelb, als Beweis, dass diese Zellen verholzt sind, ein bei den Bastzellen des Getreidestrohes nicht zu beobachtender Fall.

Durch Kupferoxydammoniak kann man, ähnlich wie bei Bastzellen der Lein- und Hanfpflanze, die Innenhaut freilegen, nur muss man die Zellen vorher durch Chromsäure von der Holzsubstanz befreien. In Chromsäure wird die ursprünglich gelblich gefärbte Membran farblos; lässt man nach dem Aus-

waschen der so behandelten Zellen in reinem Wasser Kupferoxydammoniak einwirken, so kann man sehen, wie durch die Wirkung des Reagens die Zellmembran nach innen zu immer mehr und mehr zerstört wird und schliesslich die Innenhaut mit allen ihren Aussackungen, welche in die Porenkanäle eingelagert waren, blossgelegt wird.

c) Gefässe und Leitzellen.

Im Gefässbündel der Gefässkryptogamen (Farne, Schachtelhalme, Lycopodien) und Monocotylen, und im Holztheile des Gefässbündels der Dicotylen treten lange Hohlfasern auf, die sich durch die Grösse des Querschnittes, und deren Wände sich durch höchst charakteristische, scharf hervortretende Verdickungsformen von den anderen prosenchymatischen und parenchymatischen Gefässbündel-Elementen unterscheiden. Diese Hohlfasern des Gefässbündels nennt man seit langer Zeit Gefässe.

Manchmal ist der Querschnitt derselben so gross, dass sie schon dem freien Auge sichtbar werden. Dies zeigen z. B. die im practischen Leben mit dem Namen „Poren“ bezeichneten Gefässe des Eichenholzes. Die Gefässe fehlen nur sehr wenigen Pflanzen, z. B. den Nadelbäumen, deren Holz sich unter Mikroskop schon auf den ersten Blick hierdurch von jenem der Laubbäume unterscheiden lässt.

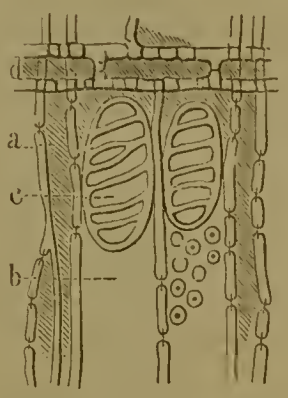
Ueber den Bau der Gefässe war man lange im Unklaren; man hielt sie für besondere, neben den Zellen bestehende Elementarorgane der Pflanze. Später erkannte man, dass sich auch die Gefässe auf Zellen zurückführen lassen, indem man beobachtete, dass viele dieser Hohlfasern aus übereinander stehenden Zellen entstehen, deren Querscheidewände mit zunehmender Entwicklung der Gefässwand aufgelöst werden.

Neben den Gefässen, manchmal anstatt derselben, treten im Gefässbündel oft noch Gebilde auf, die in Bezug auf die Ausbildung der Wand, den Gefässen vollkommen gleichen und bis auf die neueste Zeit auch als Gefässe angesprochen wurden. Besonders häufig finden sich diese aus rundum geschlossenen Zellen bestehenden Gebilde im Gefässbündel der Monocotylen.

Wir werden sie in der Folge als Leitzellen [1]) ansprechen.

Es gibt Mittelformen zwischen echten Gefässen und diesen Leitzellen, bei welchen die Querwände nur zum Theile durchbrochen sind. Die Querwände sind dann einfach oder mehrfach durchlöchert und gewinnen dadurch nicht selten ein leiterförmiges Aussehen. Die Gefässe aus dem Holze des Haselnussstrauches und einiger Laubbäume zeigen diese partielle Durchlöcherung der Querwände in ausgezeichneter Weise (Fig. 62).

Figur 62.



Vergr. 100. Partie aus einem radialen Längsschnitte durch das Holz des Haselstrauches, *a* Holzzelle, *b* Gefässzelle, *c* leiterförmig durchbrochene Querwand derselben, *d* Markstrahlenzelle. (Nach Schacht).

Nach der Art der Verdickung der Gefässwand unterscheidet man Spiral-, Ring-, Poren-, Netz-, Treppen- und getüpfelte Gefässe.

Analog dieser Bezeichnung unterscheidet man ferner: Ring-, Poren-, Netz-, Treppen- und Tüpfel-Leitzellen.

Was man unter Spiralgefässe, Spiralleitzellen, Ringgefässe u. s. w. zu verstehen habe, ergibt sich vollständig aus den im früheren Abschnitt enthaltenen Angaben über den feineren Bau der Zellwand (s. p. 54—57).

So wie in manchen Zellen, z. B. in den Holzzellen der Eibe, so kommen auch in manchen Gefässen, z. B. im Holze der Linde, des Ahorn u. s. w., zweierlei Arten von Verdickungsschichten vor. Die Gefässe des Lindenholzes besitzen getüpfelte Wände, die noch von spiralförmigen Schichten überlagert sind. (Fig. 63).

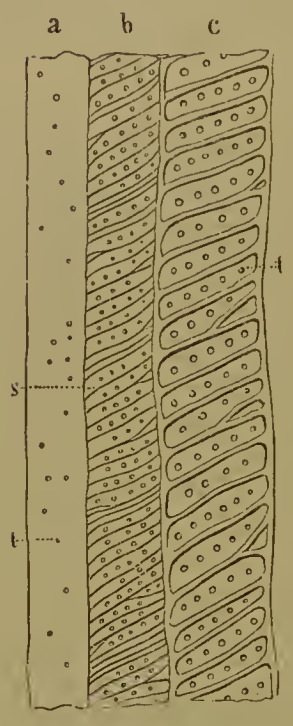
Durch Einwirkung von Chromsäure auf Gefässe treten die zusammensetzenden Gefässelemente aus dem Zusammenhange.

Sämmtliche Gefässe sind verholzt, wie man sich durch Anwendung von schwefelsaurem Anilin überzeugen kann; nicht selten nehmen die Wände der Gefässe bei Behandlung mit diesem Reagens eine noch intensivere gelbe Farbe als die benachbarten Holzzellen an, woraus man schliessen kann, dass die Gefässe

[1]) Der Name „Leitzellen“ rührt von Caspary her, welcher dies Gebilde zuerst genauer beschrieb. Siehe Caspary. Ueber die Gefässbündel der Pflanze. Monatsber. der königl. preuss. Akad. d. Wissensch. 1862.

häufig stärker als die nachbarlichen Holzzellen verholzt sind. Aus der starken Verholzung der Gefässe erklärt sich die Sprödigkeit ihrer Membran.

Figur 63.



Verg. 300. Gefässe des Lindenholzes. *a* unentwickeltes Gefäss, *b c* entwickelte Gefässe, *t* Poren der secundärenVerdickungsschichten, *s* tertiäre Verdickungsschichten in Form von Spiralen.

Mit Jod und Schwefelsäure, ferner mit Kupferoxydammoniak kann man an den Gefässen direct die Cellulose-Reactionen nie hervorrufen, wohl aber stets nach Vorbehandlung in Chromsäure.

Die Gefässwände erleiden manchmal gleichzeitig eine Holzstoff- und Pectinmetamorphose, wie an den Gefässen der Runkelrübe constatirt wurde [1]).

d) Siebröhren.

Auch im Baste der Pflanzen finden sich manchmal Fusionen (p. 87, 2.) vor, die sich zu den Bastzellen etwa so verhalten, wie im Holze der Laubbäume sich die Gefässe zu den Holzzellen verhalten. Man belegt sie mit dem Namen Siebröhren [2]). Die Querwände der die Siebröhren zusammensetzenden Zellen sind häufig anfänglich wulstförmig verdickt, und werden später erst siebartig durchlöchert.

Ihre Bedeutung für unsere Zwecke ist so untergeordnet, dass ich ein näheres Eingehen in die Verhältnisse ihres Baues nicht für nothwendig halte.

e) Markstrahlzellen.

In der Richtung der leichtesten Spaltbarkeit des Holzes (Richtung des radialen Längsschnittes) unserer Nadel- und Laubbäume findet sich ein meist schon dem freien Auge sichtbares durch hohen Glanz (Fichtenholz) oder durch dunkle Färbung (Rothbuchenholz) ausgezeichnetes Gewebe vor, welches in der Anatomie der Pflanzen mit dem Namen Markstrahlgewebe

---

[1]) Ueber das Auftreten der Pectinkörper in der Runkelrübe l. c.

[2]) Sie wurden von Hartig entdeckt. (Botan. Zeit. 1853).

bezeichnet wird, da man wenigstens an jungen Stämmen deutlich erkennen kann, dass dieses Gewebe vom Marke aus strahlenförmig nach der Rinde zu verläuft. Im practischen Leben bezeichnet man die Markstrahlen mit dem Namen Spiegelfasern.

Die Zellen der Markstrahlen unterscheiden sich in Bezug auf Membran und Inhalt gar nicht, in Bezug auf Form nur wenig von Parenchymzellen. Nur die Art der Entstehung dieser Zellen und ihre Lage zum Holz- und Bastkörper eines Stammes macht eine Trennung derselben vom Parenchym nothwendig.

Wir werden weiter unten ausführlich über die Arten der Markstrahlen sprechen, da dieser Gegenstand für die Erkennung der Hölzer von hoher Wichtigkeit ist; hier sei nur vorläufig bemerkt, dass die Markstrahlen nicht nur im Holze (Holztheil des Gefässbündels der Dicotylen), sondern auch im Baste (Basttheil des Gefässb. der Dicotylen) auftreten; im ersten Falle werden sie Markstrahlen kurzweg, im letzteren Falle Rindenmarkstrahlen genannt, weil der Bast der Rinde beigezählt wird.

Die Markstrahlzellen gehen aus Cambiumzellen hervor, welche das Cambiumgewebe wagrecht und radial durchsetzen. Jede Markstrahlzelle liegt sowohl im Holze als im Baste wagrecht; ihre Längenaxe fällt stets in die Richtung eines Halbmessers des Stammes. Diese Zellen haben meist die Form eines Cylinders oder eines Prisma, und sind häufig seitlich etwas weniges plattgedrückt [1]).

Die Membran dieser Zellen zeigt die Reactionen der Parenchymzellen, ist aber weitaus häufiger als diese verholzt. Die Markstrahlzellen des reifen Holzes nehmen, mit schwefelsaurem Anilin behandelt, stets eine deutliche gelbe Farbe an. Zwischen verharzenden Holzzellen gelegen, zeigen diese Zellen ebenfalls eine Umwandlung in Harz.

Im Inhalte derselben finden sich ungemein häufig Stärk-, Gerb- und Harzmehl vor.

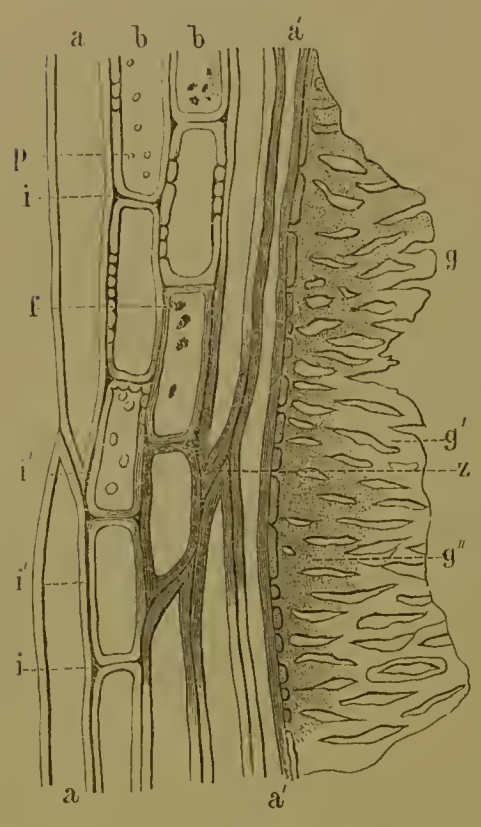
f) Holzparenchym.

Auch die Zellen dieses Gewebes gehen wie die Markstrahlen aus dem Cambium hervor und tragen wie diese einen specifisch

[1]) Fig. 17 *m*, p. 49.

parenchymatischen Charakter. Das Holzparenchym unterscheidet sich von dem Gewebe der Markstrahlen nur durch die Lage seiner Zellen im Holze; diese liegen parallel den Holzzellen, selten einzeln, meist gruppenweise zwischen die letzteren eingestreut; sie entstehen aus aufrechten Cambiumzellen, die sich gar nicht von jenen Elementen des Cambiums, aus denen Holzzellen und Gefässe hervorgehen, unterscheiden.

Figur 64.



Verg. 300. Längenschnitt durch das Sandelholz (Pterocarpus santalinus) nach kurzer Behandlung mit Chromsäure. Die dunkel gehaltenen Stellen (vorzugsweise die Partien um *Z*) enthalten noch Farbstoff, an allen übrigen wurde er durch das Reagens entfernt. *a a'* Holzzellen. *b* Holzparenchym. *g* Netzgefäss. *i i'* Intercellularsubstanz. *f* Farbstoffkörner. *p* Poren.

Die Zellinhaltstoffe des Holzparenchyms stimmen mit jenen der Markstrahlen im Allgemeinen überein; meist führen die Markstrahlen und das Holzparenchym eines und desselben Gefässbündels vollständig die gleichen körnigen Einschlüsse. So z. B. führen die Markstrahlen und das Holzparenchym des Ahorns, Stärke-, Gerb- und Harzmehl.

Der chemische Charakter der Zellmembran der Holzparenchym-Zellen stimmt mit jenem der Markstrahlenzellen überein; beide sind den gleichen chemischen Metamorphosen unterworfen. Doch habe ich durchgängig an den Holzparenchymzellen die Beobachtung gemacht, dass sie die am stärksten verholzten Elemente des ganzen Gefässbündels sind, indem sie mit schwefelsaurem Anilin eine noch intensivere gelbe Farbe, als die benachbarten Prosenchymzellen und Markstrahlenzellen annehmen, und dass ihre Reinwaschung durch Chromsäure längere Zeit als die der übrigen Elemente des Holzes in Anspruch nimmt.

Wie die Markstrahlen in den Rindenmarkstrahlen des Bastes ihr Analogon finden, so findet sich auch im Baste ein dem

Holzparenchym entsprechendes Gewebe vor, welches mit dem Namen Bastparenchym bezeichnet wird.

IV. Korkgewebe.

Sowohl an oberirdischen als unterirdischen Pflanzentheilen stirbt häufig die umhüllende Oberhaut ab, es verwandelt sich dann das unterhalb der absterbenden Oberhaut liegende jugendliche Parenchym in ein mehr oder minder dickes Gewebe, welches aus abgeplatteten oder prismatischen Zellen sich zusammensetzt, und charakteristische chemische und physikalische Kennzeichen trägt. Dieses Gewebe, das Korkgewebe findet sich vornehmlich an Stämmen und Wurzeln, und ist hier ein Ersatzgewebe für die Oberhaut.

Ist das Korkgewebe massig entwickelt, wie am Stamme der Korkeiche und der Korkulme, so wird es kurzweg mit dem Namen Kork belegt; ist es hingegen häutig oder schalig, (weisse Rinde der Birke, Schale der Kartoffel- oder Runkelrübe, Rinde der Platane) so wird es als Lederkork oder Periderm bezeichnet.

Die Zellen des von der Korkeiche stammenden Boutellienkorkes, hält man gewöhnlich für tafelförmig. Da jedoch der radiale Längsschnitt stets mehrseitige, nicht langgestreckte Formen zeigt, hingegen die Zellen im Querschnitt und tangentialen Längsschnitt rechteckige Durchschnitte liefern, so muss wohl gefolgert werden, dass diese Korkzellen längliche Prismen sind, deren Axen horizontal liegen und auf dem Halbmesser des Querschnittes senkrecht stehen.

Die Zellen des Periderms sind stets parallel der äusseren Begrenzung abgeplattet, manchmal sogar von tafelförmiger Gestalt (Runkelrübe, Kartoffel).

Die Zellwände sämmtlicher Korkzellen sind schwach verdickt und haben eine schwach gelbliche Färbung. Durch Jodlösung werden sie intensiv gelbbraun gefärbt. Durch Chromsäure werden sie isolirt und von Aussen her in Lösung über-

geführt. Die hierbei zurückbleibenden jüngsten Zellwandschichten werden durch Jod und Schwefelsäure grau-blau gefärbt, ein Zeichen, dass noch unveränderter Zellstoff in den Korkzellen vorkömmt. Ausser diesem Körper tritt in der Zellwand der Korkzelle die ihren Eigenschaften nach noch nicht näher bekannte Korksubstanz, und in dem Periderm der Runkelrübe auch noch Pectose vor. Durch schwefelsaures Anilin werden die Membranen der Korkzellen kaum merklich geblich gefärbt, indem nach meinen Beobachtungen blos in den ältesten Zellwandschichten der Korkzellen (Intercellularsubstanz) Holzstoff vorkömmt, und die weitaus grössere Masse der Zellwand so gut wie gar nichts von diesem Körper enthält. — Zwischen den elastischen Zellen des Boutelienkorkes treten bekanntlich und zwar besonders häufig in schlechten Korksorten, spröde aus stark verdickten Elementen bestehende Zellmassen von bräunlicher Farbe auf. Durch Anwendung von schwefelsaurem Anilin finde ich, dass diese Zellen stark verholzt sind.

Im Inhalte sämmtlicher Korkzellen tritt eine körnige bräunlich gefärbte Masse auf, die durch Jod und Schwefelsäure eine intensiv hellbraune Farbe annimmt.

V. Das Gewebe der Pilze, Flechten und Algen.

Die in diese drei Gruppen gehörigen Pflanzen stimmen darin überein, dass an ihnen keine Oberhaut, auch kein Parenchym und Prosenchym, sondern nur einerlei Gewebe auftritt.

Dasselbe besteht der Hauptmasse nach aus langen, oft verzweigten, vielfach durcheinander geflochtenen Hohlfasern, die man in ihrer Vereinigung mit dem Namen Filzgewebe bezeichnet.

Die Pilz- und Algengewebe bestehen nur aus diesen Fasern. Die Zellen der Pilze führen nie Chlorophyll und Zellkerne, die Zellen der Algen enthalten häufig Chlorophyll und schliessen meist deutliche, oft grosse Zellkerne ein.

Das Flechtengewebe ist von dem Gewebe der Algen und Pilze dadurch unterschieden, dass es stets eine Schichte von runden chlorophyllführenden Zellen (Gonidien) führt, welche

zwischen den Fasern eingebettetliegen. Diese Gonidien stammen von den Faserzellen ab; einmal gebildet, können sie sich jedoch selbstständig fortpflanzen. Die Fäden der Flechten stimmen insoferne mit den Pilzfäden überein, als auch in ihnen keine Zellkerne vorkommen.

Figur 65.

Vergr. 300. Gewebe der Orseille-Flechte (Rocella tinctoria). *f* Fasern des Filzgewebes, *o* unverletzter, *o'* corrodirter Krystall von oxalsaurem Kalk, *g* Gonidien.

Die Zellmembranen der Pilze, Flechten und Algen bestehen aus Kohlenhydraten, welche mit der Cellulose nahe verwandt sind, deren physikalischer Charakter jedoch sehr variirt. — Die Algenmembran nähert sich am meisten der Cellulose; sie wird meist durch Jod und Schwefelsäure gebläut, und durch Kupferoxydammoniak wenn auch schwierig gelöst. Die Membran der Pilzzellen nähert sich durch ihre Quellbarkeit und durch die häufig zu beobachtende Löslichkeit in caustischen Alkalien, dem Bassorin. Die Membran der Flechtenzellen zeichnet sich durch starke Quellbarkeit in Wasser auf, manchmal nähert sich dieselbe im physikalischen Verhalten dem Bassorin, manchmal der Granulose oder dem Stärkestoff (s. p. 70). So werden z. B. die inneren Rindenzellen der isländischen Flechte (Cetraria islandica), schon durch Jodlösung gebläut. Die aus der isländischen Flechte und noch einigen anderen Flechtenarten bereitete Flechtenstärke ist nicht etwa ein körniger Einschluss von Pflanzenzellen wie das Stärkemehl, sondern besteht aus den zusammengebrochenen Zellmembranen der betreffenden Flechten.

Die Inhaltsstoffe der Pilz-, Flechten- und Algenzellen sind wenig bekannt. In jugendlichen Zellen ist der Inhalt stets rein plasmatisch und besteht dann der Hauptmasse nach aus Eiweisskörpern. Das in den Algenzellen vorkommende Chlorophyll ist in der Regel geformt und stimmt im chemischen Verhalten mit

dem Chlorophyll der höheren Pflanzen überein. Das Chlorophyll der in den Flechten vorkommenden Gonidien ist als gelöster Körper mit dem körnigen Plasma gemengt und scheint trotz des Umstandes, dass es die Löslichkeitsverhältnisse und das Colorit des Chlorophylls besitzt, mit diesem Körper nicht identisch zu sein [1]). Flechten sind reich an Mineralbestandtheilen. Krystallisirte Salze, vornehmlich oxalsaurer Kalk, kömmt bei Pilzen und Flechten häufig vor (Fig. 65 *o o'* und Fig. 66), doch kommen diese Krystalle nicht wie bei den höheren Pflanzen innerhalb, sondern ausserhalb der Zellmembran vor (vgl. p. 83), und bilden dann nicht selten mehr oder minder mächtige Inerustationen an der äusseren Zellwand.

Figur 66.

Vergr. beiläufig 390. Ende einer Zelle aus dem Filzgewebe des Champignon (Agaricus campestris) mit stabförmigen Krystallen von oxalsaurem Kalk bedeckt. (Nach De Bary).

Auch zwischen den Zellen der Hefe (vorzugsweise der Bierhefe), finden sich nicht selten Krystalle von oxalsaurem Kalk vor; hier haben sie meist die Form von oktaëderähnlichen, rhombischen Gestalten, eine auch im Parenchymgewebe der Phanerogamen häufige Form des oxalsauren Kalkes.

---

[1]) Knop und Schnedermann (Annalen der Chemie und Pharmacie. Bd. 55. p. 154, beschrieben es als Thallochlor.

FÜNFTER ABSCHNITT.

Die Anordnung der Gewebe im Pflanzenkörper mit besonderer Rücksicht auf den Bau des Holzes.

I. Der Bau des Blattes, des Stammes und der Wurzel.

Nur die blattlosen Zellenpflanzen, (Pilze, Flechten und Algen), besitzen ein eigenartiges, ihren ganzen Körper aufbauendes Gewebe. Alle anderen Gewächse: die beblätterten Zellenpflanzen (Moose), die Gefässkryptogamen (Farne, Schachtelhalme etc.), die Monocotylen und Dicotylen setzen sich aus mehreren verschiedenartigen, im früheren Abschnitte betrachteten Geweben zusammen.

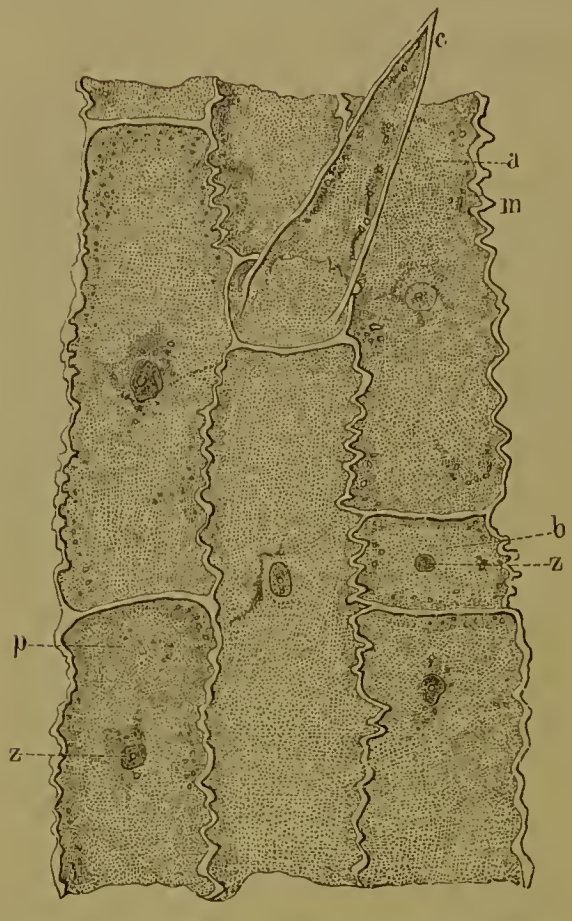
Während bei Pilzen, Flechten und Algen die Kenntniss des Gewebes genügt, um den Aufbau der Pflanze zu verstehen, ist zur Kenntniss des Baues der anderen Pflanzen ausserdem noch die Vertheilung der Gewebe in den Organen zu kennen nothwendig.

An allen Pflanzen, mit Ausnahme der Pilze, Flechten und Algen, unterscheidet man drei Grundorgane: Stamm, Wurzel und Blatt. Diese drei Organe stimmen in anatomischer Beziehung blos darin überein, dass in denselben stets Parenchym auftritt, zwischen welchem das Cambium und dessen Abkömmlinge in strangförmigen Gruppen (Gefässbündel) liegen, und dass sie wenigstens in ihrer Jugend von einer Oberhaut bedeckt sind.

Das Blatt ist von den beiden anderen Organen dadurch unterschieden, dass die Zellen seiner Oberhaut untereinander

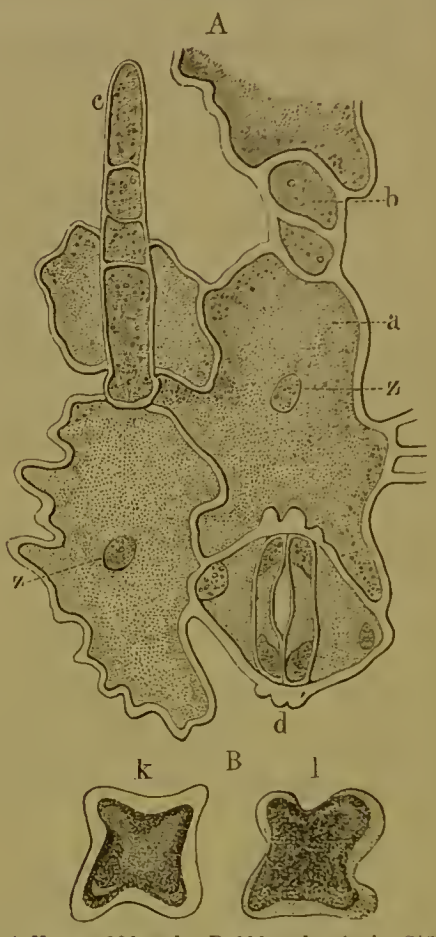
nicht gleichartig sind, indem die der oberen Blattseite angehörige Epidermis gegenüber der untern Epidermis stets, oft sehr auffällige Unterschiede zeigt. Die obere Epidermis hat meist, besonders bei Blättern mit dunklen, glänzenden Oberflächen (Camellia, Ficus elastica), eine dickere Cuticula als die untere; die letztere ist ferner in der überwiegenden Mehrzahl der Fälle reicher an Spaltöffnungen als die erstere. Häufig sind auch die Zellen der oberen Epidermis von jener der unteren in Form und Grösse auffallend verschieden. (Fig. 67 und 68).

Figur 67.



Vergrösserung 380mal. Mit Protoplasma erfüllte Oberhautzellen von der Oberseite einer jungen Maislische. *a*, *b*, *p* Protoplasma, *z* Zellkern mit dem Kernkörperchen, *m* Membran, *c* ein mit Protoplasma erfülltes Haar.

Figur 68.



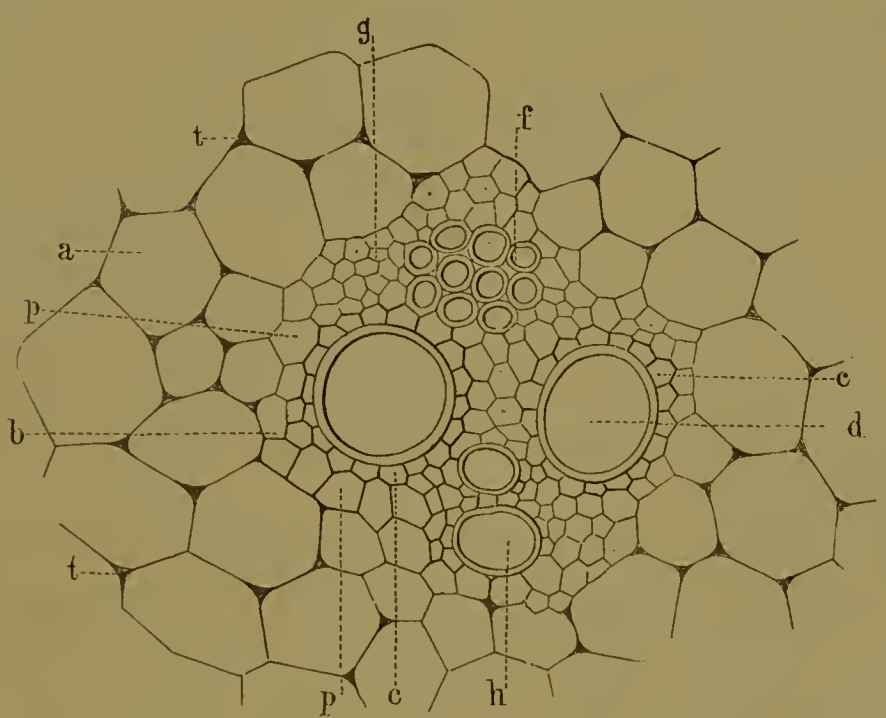
A Vergr. 380 mal. *B* 600 mal. *A* ein Stück Oberhaut von der unteren Seite einer jungen Maislische. *a* Oberhautzellen, *z* deren Zellkerne, *b* Kieselzellen, *c* Haar, *d* Spaltöffnung. *B* Kieselzellen, erhalten durch Veraschung der Oberhaut.

Das Parenchym der Blätter wird als Mesophyll bezeichnet. In fleischigen Blättern tritt es in grosser, in trockenen Blättern, z. B. in jenen der Gräser, in geringer Menge auf. Im

Mesophyll sind die Gefässbündel eingelagert. Blumenblätter sind stets mit einer sehr zartwandigen Epidermis (Epithel) umkleidet, welche mit einer charakteristisch gezeichneten, meist gestreiften Cuticula überdeckt ist. Das Gefässbündel der Blumenblätter steht in der Regel auf cambialer Entwicklungsstufe.

Stamm und Wurzel sind anfänglich immer mit einer Oberhaut überdeckt. Alle einjährigen Stämme und manche einjährige Wurzeln bleiben bis an's Lebensende im Besitze der Oberhaut; viele einjährige Wurzeln (Runkelrübe) und alle mehrjährigen Stämme und Wurzeln werfen mit dem Dickerwerden dieses Gewebe ab und es entwickelt sich hierauf aus dem, unterhalb der abspringenden Oberhaut gelegenen, jugendlichen Parenchym, ein aus verkorkenden Zellen bestehendes Gewebe (Kork, Periderm), welches nunmehr die Umhüllung des betreffenden Organes besorgt, und vom Parenchym in dem Maasse neugebildet wird, als es von aussen her zu Grunde geht.

Figur 69.



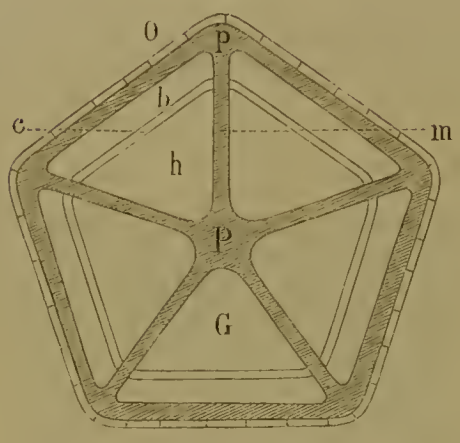
Vergr. 200. Querschnitt durch ein Gefässbündel und durch das umschliessende Parenchym des Zuckerrohres. *a* Parenchym, *c* Porenleitzellen, *d* Porengefässe, *h* Spiralgefässe, *f* Bastzellen, *g* Cambiumzellen, *t* luftführende Intercellulargänge.

Die Gefässbündel der Stämme und Wurzeln sind in diesen Organen regelmässig angeordnet. Im Stamme der Dicotylen tritt gewöhnlich nur ein Kreis von Gefässbündeln auf. Der Stamm

der Monocotylen ist von zahlreichen, über den ganzen Querschnitt verbreiteten Bündeln durchzogen.

Die Anatomie des Monocotylenstammes und der Wurzel, d. i. die Lehre von der Anordnung der Gewebe in diesen Organen, tritt für unsere Zwecke, gegenüber der Anatomie des Dicotylenstammes, in den Hintergrund. Wir werden uns deshalb im Nachfolgenden ausschliesslich mit dieser beschäftigen, und hier wieder unsere Aufmerksamkeit vornehmlich dem Holze zuwenden.

Figur 70.



Querschnitt durch einen jungen Dicotylenstamm. Schematisch.
O Oberhaut, *p* Rindenparenchym, *m* Markstrahl, *P* Mark, *b c h* eines der fünf Gefässbündel, *b* Bast, *c* Cambium, *h*, *G* Holz.

Durchschneidet man einen jungen, noch ganz unverholzten Stamm senkrecht auf seine Axe, so erkennt man folgende drei Bestandtheile: die Oberhaut, das Parenchymgewebe und einen Kreis dicht nebeneinander gestellter Gefässbündel. Jedes der Gefässbündel setzt sich aus drei Geweben: aus Bast, Cambium und Holz zusammen. (Fig. 70).

Das Parenchym bildet allerdings ein zusammenhängendes Ganze. Dennoch kann man nach dem Orte seines Vorkommens ganz gut drei Partien desselben unterscheiden; das Rindenparenchym, das Mark und die zwischen die Gefässbündel eingelagerten, das Rindenparenchym mit dem Marke verbindenden Markstrahlen.

Mit dem Vorwärtsschreiten der Entwicklung des Stammes geht die bedeckende Oberhaut verloren, und wird durch ein verkorktes Parenchym (Kork, Periderm) ersetzt. Das Gefässbündel wächst, indem das Cambium nach aussen zu Bast, nach innen zu Holz bildet, wobei die Menge des Markes abnimmt und endlich gänzlich verschwindet. Die Basttheile der Gefässbündel setzen sich zum Baste zusammen; die Holztheile der Gefässbündel vereinigen sich zum Holzkörper des Stammes. Zwischen dem stets derben Baste und dem compacten Holze liegt das zarte Cambium. Der Zusammenhang im Körper des Stammes ist des-

halb an der Grenze zwischen Holz und Bast ein ungemein geringer.

Sämmtliche, ausserhalb des Cambiums gelegene Gewebe nennt man Rinde. Dieselbe besteht mithin aus der Oberhaut oder deren Ersatzgewebe, ferner aus dem Rindenparenchym und aus dem Basttheile des Gefässbündels.

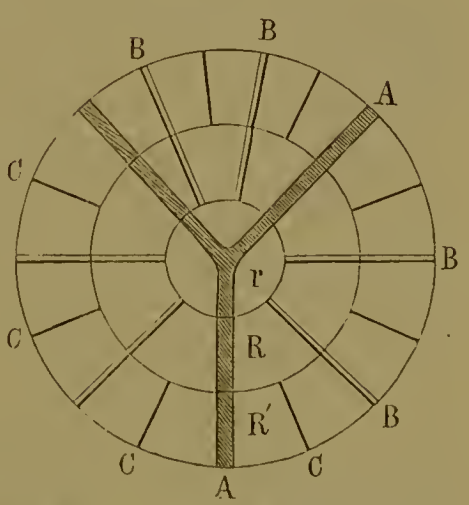
II. Der Bau des Holzes.

Das Holz eines Stammes setzt sich, wie schon erwähnt, aus den Holztheilen sämmtlicher im Stamme auftretender Gefässbündel und den zwischenliegenden Markstrahlen zusammen.

Ausser den schon genannten, zwischen den Gefässbündeln liegenden Markstrahlen tritt im Holztheile jedes Gefässbündels noch ein Gewebe auf, welches in Bezug auf Lage, Form, Grösse und Inhalt seiner Zellen mit dem Markstrahlgewebe übereinstimmt. Während jedoch dieses vom Marke bis an's Rindenparenchym heranreicht, durchsetzt jenes blos einen Theil des Holzkörpers; nach aussen reicht es allerdings stets bis an's Rindenparenchym, nach innen jedoch nie bis an's Mark.

Man fasst beide Gewebe unter dem Namen Markstrahlen zusammen. Die zwischen den Bündeln liegenden nennt man primäre, die in den Bündeln liegenden seeundäre Markstrahlen.

Figur 71.



Querschnitt durch den Holzkörper eines dreijährigen Stammes.

Die Fig. 71 stellt einen Querschnitt durch den Holzkörper eines dreijährigen Stammes dar. *A A* sind die primären, *B B*, *C C* die seeundären Markstrahlen. Die primären Markstrahlen reichten im ersten Jahre blos bis *r*, im zweiten bis *R*, und erst im dritten Jahre bis nach *R'*. Die seeundären Markstrahlen *B B* entstanden erst im zweiten, die seeundären Markstrahlen *C C* erst im dritten Jahre; dies maeht es uns begreiflich,

warum die secundären Markstrahlen nicht einen ganzen Stammhalbmesser betragen. Aus der Betrachtung der Figur ergibt sich, dass die secundären Markstrahlen desto länger sind, je früher sie im Stamme entstanden.

So wichtig der Unterschied zwischen primären und secundären Markstrahlen für die Kenntniss der Anatomie des Stammes ist, so wenig Wichtigkeit hat dieser Unterschied für unsere Zwecke, da es der Techniker meist nur mit Bruchstücken des Holzkörpers zu thun hat, an welchen sich gar nicht mehr angeben lässt, was primärer oder secundärer Markstrahl ist. Für die Zwecke des Technikers hat aber dieser Unterschied auch gar keine Bedeutung, wesswegen wir in der Folge blos von Markstrahlen im allgemeinen reden werden.

Das Holz enthält ausser den Markstrahlen noch eine grosse Menge prosenchymatischer Elemente (Holzzellen, Gefässe) und manchmal auch noch Parenchymgewebe, nämlich Holzparenchym.

Die Holzzellen fehlen im Holz nie, die Gefässe fehlen den Nadelhölzern, das Holzparenchym findet sich in sämmtlichen Nadelhölzern und in den meisten Laubhölzern. Unter unseren Laubhölzern fehlt es blos der Weissbuche (Carpinus betulus) und einigen Sträuchern, z. B. dem Sauerdorn (Berberis).

Die prosenchymatischen Elemente des Holzes sind im Holzkörper schichtenweise angeordnet. Die von Jahr zu Jahr entstehenden Schichten sind in der Regel deutlich von einander unterschieden und bilden dann die Jahresringe.

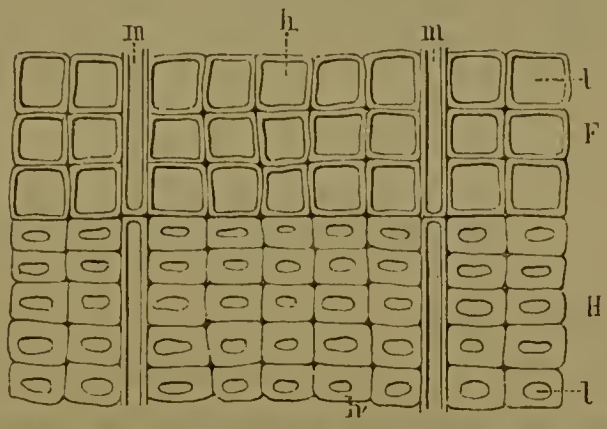
Die Zellen des Holzparenchyms liegen entweder in kleinen Gruppen zwischen den Holzzellen, oder sie verlaufen in mehr oder minder ausgedehnten Schichten innerhalb eines Jahresringes; es läuft dann der Hauptzug des Holzparenchyms der Richtung des Jahresringes parallel.

Sämmtliche Bäume und Sträucher unserer Zone haben deutliche Jahresringe. Im Allgemeinen kann man sagen, dass die Jahresringe eines Holzgewächses desto deutlicher hervortreten, je mehr die klimatischen Einflüsse, welche im Laufe einer Vegetationsperiode auf die Pflanze einwirkten, von einander differirten. Dieser Umstand macht es erklärlich, dass unsere Nadelhölzer sehr auffällige Jahresringe zeigen, während die brasilianische

Araukarie, die ebenfalls zu den Nadelhölzern gehört, und auch im anatomischen Baue mit diesen Gewächsen übereinstimmt, so gut wie keine Jahresringe hat; dass unsere deutschen Laubbäume durchaus deutlich erkennbare, der am Mittelmeer einheimische Buchsbaum nur höchst unkenntliche Jahreslagen besitzt.

Untersucht man die Frühlings-, Sommer- und Herbstlagen der Jahresschichten unserer Bäume genauer, so erkennt man vorerst, dass bei sämmtlichen Laub- und Nadelhölzern die Frühlings- und Sommerlagen aus dünnwandigeren, die Herbstlagen aus derbwandigeren Holzzellen bestehen, und dass selbst die Querschnittsformen der Holzzellen mehr oder minder deutliche Verschiedenheiten darbieten; es sind nämlich die Herbstholzzellen in tangentialer Richtung stärker als die im Frühlinge und Sommer entstandenen Holzzellen abgeplattet.

Figur 72.



Vergr. 200. Querschnitt durch Fichtenholz. *h h'* Holzzellen, *m m* Markstrahlen, *l l* Lumina der Holzzellen, *H* Herbst-, *F* Frühlingsholz.

Das Frühlingsholz geht continuirlich in das Sommer- und Herbstholz über nicht aber das Herbstholz in's Frühlingsholz. Ausserhalb des derbwandigsten Herbstholzes kommt das zarte Frühlingsholz zu liegen; so kömmt es, dass eine scharfe unzweideutige Grenze zwischen den Jahreslagen zu Stande kömmt, die häufig schon für das unbewaffnete Auge erkennbar ist.

Bei den Nadelhölzern werden die Jahresringe blos durch die Verschiedenheit der Holzzellen hervorgebracht, und es ist begreiflich, dass die Jahrringe an diesen Gewächsen um so deutlicher hervortreten müssen, je greller die Unterschiede in der Verdickung der Zellwände sind. Fichte, Tanne, Föhre und Lärche haben relativ stärker verdickte Herbstholzzellen als Wachholder und Eibe, deshalb treten bei den ersteren auch die Jahresringe deutlicher als bei den letzteren hervor.

Bei den Laubhölzern wird das mehr oder minder deutliche Hervortreten der Jahresringe von zweierlei Umständen

bedingt, von der verschiedenen Verdickung der Holzzellen und von der Vertheilung der Gefässe in der Jahresschichte.

In sämmtlichen Laubhölzern werden die meisten Gefässe im Frühlinge gebildet. Da nun die Gefässe einen weitaus grösseren Querschnitt als die Holzzellen besitzen, so ist klar, dass wenn das Frühlingsholz reich und das daran anstossende Herbstholz arm an Gefässen ist, deutliche Jahresschichten zu Stande kommen müssen. Dies zeigen am schönsten: Eiche, Ulme und Esche [1]).

Bei allen jenen Laubhölzern, bei denen die Zahl der im Frühlinge gebildeten Gefässe nur um ein Geringes grösser ist als die Zahl der im Sommer und Herbst gebildeten, kann die Gefässvertheilung keine scharfen Jahresgrenzen erzeugen. In diesem Falle kommen in der Regel nur undeutliche Jahresringe zu Stande, welche dann durch die relativ starke Verdickung der Herbstholzzellen hervorgebracht werden. Der Ahorn, wie überhaupt alle Laubhölzer mit sehr homogenem Holze sind Beispiele hierfür.

Die Dicke und innere Beschaffenheit der Jahresringe ist weder für eine bestimmte Baumart noch für ein bestimmtes Individuum constant, indem nicht nur die klimatischen Verhältnisse und der Boden, sondern auch die Individualität und die Witterungsverhältnisse der einzelnen Vegetationsperioden die Qualität der Jahresringe beeinflussen.

Am Holzkörper des lebenden Baumes unterscheidet man zwei Partieen: Splint und Kern. — Unter Splint versteht man das junge, unmittelbar unter dem Cambium gelegene Holz, welches noch an der Saftleitung participirt. Der Splint führt noch grosse Mengen von Eiweisskörpern, Stärk- und Gerbmehl und besteht im Frühlinge aus Zellen, die noch mit Zellsaft erfüllt sind. — Das Holz, welches an dem Ernährungsprocess des Baumes nicht mehr Antheil nimmt, bildet den Kern des Holzes. Das Kernholz besteht durchaus und zu jeder Jahreszeit aus luftführenden Zellen; es führt nur geringe Mengen von Eiweisskörpern, Stärk- und Gerbmehl, doch oft nicht unbeträchtliche Mengen von Harzmehl.

---

[1]) Siehe die Figuren 75 p. 136 und 76 p. 139.

Auch an dem todten Holze unterscheidet man Splint und Kern. Es ist hier aber nicht selten schwierig anzugeben, wo die Grenze zwischen beiden liegt und ob man es, wenn kleinere Holzstücke vorliegen, mit dem einen oder dem anderen zu thun hat. Anhaltspunkte zur richtigen Bestimmung geben die Mengen der Inhaltsstoffe oder auch die Färbung des Holzes. Das Kernholz hat nämlich durchwegs eine dunklere Farbe als der Splint. Dieselbe rührt von einer Umsetzung der todten Zellmembran in Huminsubstanzen her [1]).

III. Mikroskopische Erkennung der Hölzer.

Um ein Laubholz von einem Nadelholz zu unterscheiden, hat man blos darauf zu achten, ob Gefässe vorhanden sind oder nicht. Die Anwesenheit der so characteristischen Gefässe lässt auf ein Laubholz, die Abwesenheit derselben auf ein Nadelholz schliessen. Durch dieses Kriterium geleitet kann man u. a. mit Leichtigkeit entscheiden, ob irgend ein Holzpapier aus einem Laub- oder Nadelholz verfertigt wurde.

Weitaus schwieriger ist es die Art des Holzes zu ermitteln.

Bei der grossen Uebereinstimmung der Hölzer in den chemischen und physikalischen Charakteren ist die mikroskopische Methode die einzige, welche zu unabweislichen Resultaten führt.

Es kann nicht die Aufgabe dieser Schrift sein, in die Details der mikroskopischen Untersuchung der Hölzer einzugehen; wir müssen uns damit begnügen, die Methode dieser Untersuchung kennen zu lernen.

A. Laubhölzer.

Um eine vorliegende Holzart zu bestimmen hat man Rücksicht zu nehmen:

1) auf den Bau, auf Grösse, Form und Lage der Markstrahlen;

2) auf Vertheilung und Grösse der Gefässe innerhalb der Jahresschichten, ferner auf die Qualität ihrer Verdickungsschichten;

3) auf Form, Grösse und Verdickung der Holzzellen; endlich

[1]) Untersuchung über die Zerstörung des Holzes an der Atmosphäre l. c.

4) auf den Umstand, ob ein Holzparenchym vorhanden ist oder nicht, und im ersten Falle, wie dasselbe innerhalb der Jahresschichten vertheilt ist und wie dessen Elemente beschaffen sind.

Was vorerst die Markstrahlen als Erkennungsmittel der Art eines Laubholzes anlangt, so hat bereits Nördlinger[1]) in seiner verdienstvollen Arbeit über die technischen Eigenschaften des Holzes die Höhe derselben zu diesem Zwecke benützt. Er theilt unsere gewöhnlichen Hölzer nach der Höhe der Markstrahlen, welche sich an jedem Längsschnitt, am besten an dem radialen Längsschnitt ermitteln lässt, in acht Kategorien ein.

1. Höhe der Markstrahlen über 160^{mm} (oft 300^{mm}) betragend, Waldrebe.

2. Höhe der Markstrahlen gleich 160^{mm} Kleberle.

3. „ „ „ „ 50^{mm} Stieleiche.

4. „ „ „ „ 5^{mm} Buche, Linde.

5. „ „ „ „ 2^{mm} Zwetsche, Bohnenbaum.

6. Höhe der Markstrahlen gleich 1^{mm} Ahorn, Zürgelbaum, Kornelkirsche, Robinie, Ulme.

7. Höhe der Markstrahlen gleich 0·5^{mm} Esche, Pappel, Weide, Rainweide, Rosskastanie, Birke.

8. Höhe der Markstrahlen gleich 0·2^{mm} Buchs, Weissdorn[2]).

So wenig man, wie schon früher erwähnt, primäre und secundäre Markstrahlen zur Unterscheidung der Holzarten verwenden kann, so zweckmässig scheint es mir zum Behufe der Erkennung, die Markstrahlen, ganz abgesehen ob sie primäre oder secundäre sind, nach der Deutlichkeit des Hervortretens am Querschnitte in folgende drei Kategorien zu bringen:

Deutliche Markstrahlen (Dicke nicht unter 0·3^{mm}), die schon das freie Auge mit Leichtigkeit erkennt.

Kenntliche Markstrahlen (etwa 0·15^{mm} dick), die bei genauer Betrachtung mit unbewaffnetem Auge allerdings kenntlich sind, deutlich aber erst bei Anwendung der Loupe hervortreten.

---

[1]) Nördlinger. Die technischen Eigenschaften der Hölzer. Stuttgart, 1860.

[2]) Nördlinger stellt Tanne, Fichte und Kiefer in die 7., Wachholder in die 8. der oben aufgeführten Kategorien.

Unkenntliche Markstrahlen, welche erst bei starker Loupenvergrösserung oder gar erst bei Anwendung des Mikroskopes sichtbar werden.

Die unkenntlichen Markstrahlen fehlen keiner Holzart. Blos unkenntliche Markstrahlen besitzen: Ulme, Apfelbaum, Oelbaum.

Unkenntliche und kenntliche Markstrahlen haben: Ahorn, Esche, Eläagnus, Sauerdorn.

Unkenntliche und deutliche Markstrahlen zeigen die Eichen.

Alle drei Arten von Markstrahlen findet man an der Rothbuche.

Zur näheren Angabe des Charakters eines Holzes hat man die Anzahl der Zellreihen, welche an der Zusammensetzung der Markstrahlen Antheil nehmen, und die Art der Markstrahlenzellen anzugeben; ferner anzuführen, ob die im Quersehnitt gesehenen, kenntlichen und unkenntlichen Markstrahlen geradlinig oder krummlinig verlaufen.

Die deutlichen Markstrahlen nehmen stets eine gerade Richtung; die kenntlichen und unkenntlichen verlaufen häufig krummlinig.

In Betreff der Gefässe unterscheidet man gefässreiche (Rothbuche, Ulme, Eläagnus) und gefässarme Hölzer (Ahorn, Esche, Oelbaum); ferner Hölzer, in denen die Gefässe gleichmässig (Rothbuche, Ahorn), und solche, in welchen die Gefässe ungleichmässig vertheilt sind. Die Hölzer mit ungleichmässiger Vertheilung der Gefässe möchte ich aber noch in zwei Gruppen theilen; erstens in Hölzer, in welchen jede Jahresschichte mehrere Zonen von Gefässen führt (Ulme), und zweitens in Hölzer, in welchen blos die Gefässe des Frühlingsholzes je eine Zone innerhalb jeder Jahresschichte bilden, während die Gefässe des Sommer- und Herbstholzes im Holzkörper zerstreuet liegen (Eiche, Esche, Eläagnus) [1]).

In Betreff der Weite der Gefässe, d. i. der Grösse ihres Querschnittes, kann man die Hölzer in zwei Abtheilungen bringen; erstens in solche, welche in allen Partien eines Jahresringes nahebei gleich grosse Gefässe besitzen (Ahorn, Oelbaum), und zweitens in solche, bei denen die Frühlingsgefässe auffallend

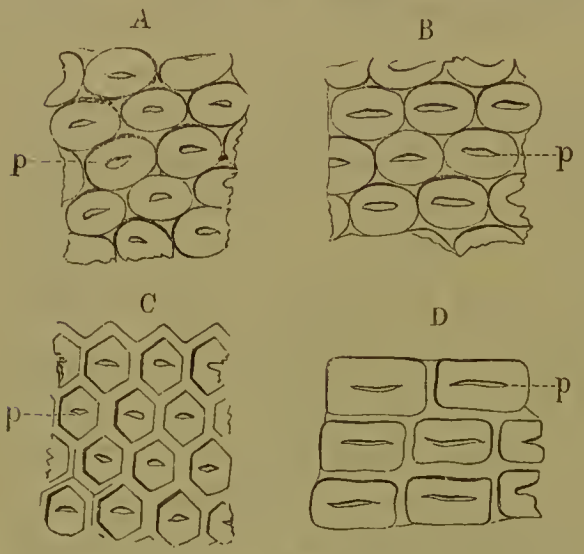
[1]) Fig. 75 p. 136 und 76 p. 139.

grösser als die Sommer- und Herbstgefässe sind (Eiche, Ulme, Eläagnus).

Die Qualität der Gefässwände anlangend, hat man wohl bei der mikroskopischen Untersuchung der Hölzer sehr in's Detail einzugehen, da beinahe in allen Holzarten nur getüpfelte Gefässe vorkommen.

Die Mehrzahl der Hölzer lässt sich nach der Art ihrer Gefässe in zwei Gruppen bringen, in Hölzer mit reinen Tüpfelgefässen (Ulme, Eläagnus, Tulpenbaum), und in solche, an denen die secundären Verdickungsschichten getüpfelt, die tertiären spiralig verdickt sind (Linde, Birke). Nur wenige Hölzer stehen ausser diesen Gruppen, und bieten dann ungemein leicht greifbare Charaktere für die Erkennung dar, wie z. B. die Esche, welche reine Porengefässe besitzt, die Eiche mit zahlreichen, reinen Tüpfelgefässen und wenigen Tüpfel-Spiralgefässen u. s. w.

Figur 73.



Verg. 600. Bruchstücke der Wände getüpfelter Gefässe. *A* und *B* aus dem Holze der Rothbuche, *C* des Ahorns, *D* des Tulpenbaumes, *pp* Poren der Tüpfel.

Die beigefügten Figuren (Fig. 73 u. 74) haben den Zweck, anzudeuten, auf welche Details man bei der Beschreibung der Gefässwände Rücksicht zu nehmen hat.

Bei der Untersuchung der Holzzellen muss man achten auf die Form und Grösse ihres Querschnittes, auf die Dicke der Wand, und auf die Art ihrer Verdickungsschichten [1]). In Betreff der Querschnittsform erwähne ich, dass dieselbe kreisförmig, quadratisch oder sechseckig ist. Einige unten folgende Beispiele werden die bei der Beschreibung der Holzzellen wichtigen Details erläutern.

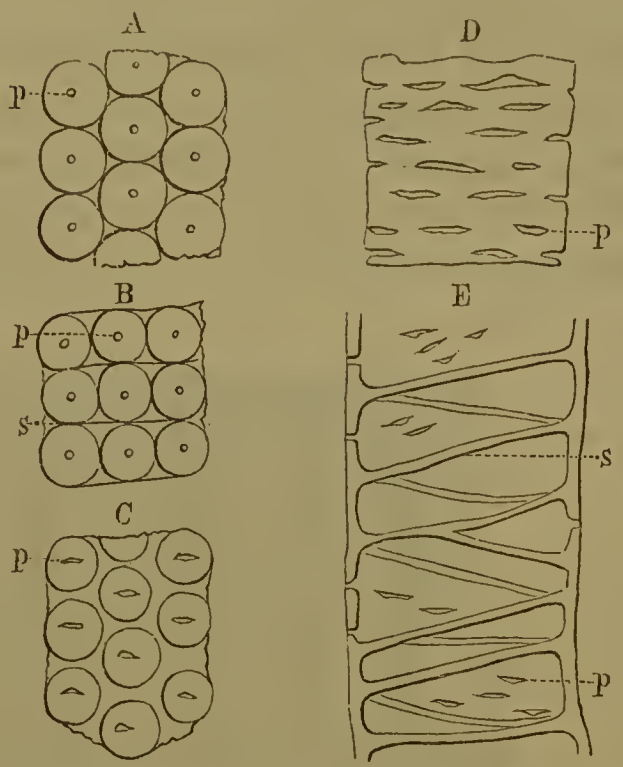
---

[1]) Die Kenntniss der Länge der Holzzellen einer bestimmten Baumart, mag unter Umständen von hohem Werthe für den Techniker sein, z. B. wenn es sich um ein Holz handelt, welches als Papiermateriale dienen soll und zu diesem Zwecke durch chemische Mittel in seine histologischen Elemente zerlegt wurde.

In Betreff des Holzparenchyms hat man bei der Untersuchung des Holzes zu berücksichtigen, ob es in einfachen Reihen, oder in Gruppen im Holzkörper auftritt und im letzteren Falle noch besonders zu berücksichtigen, ob es in radial oder tangential gestellten oder in beiderlei Gruppen die Jahresringe des Holzes durchsetzt.

Endlich darf nicht unberücksichtigt gelassen werden, dass die Qualität und Quantität der organisirten und krystallisirten Einschlüsse der Markstrahlen-, Holzparenchym- u. Holzzellen (z. B. Stärke, Gerbmehl, Harz, Krystalle u. s. w.) oft sehr wichtige Anhaltspunkte zur Unterscheidung der Holzarten darbieten.

Figur 74.



Vergr. 600. Bruchstücke von Gefässwänden. *A* und *B* aus dem Holze der Eiche, *C* der Ulme, *D* der Esche, *E* des Ahorn, *p* Poren der Wand, *s* tertiäre Verdickungsschichten.

Die angeführten Kennzeichen reichen für die Zwecke der Erkennung der Holzarten vollends aus. Man könnte dieselben mit Leichtigkeit zur Ausführung einer analytischen Tabelle benützen. Dies liegt aber zu weit ab von der Aufgabe des vorliegenden Capitels, weswegen ich mich damit begnügen muss, einige genaue Beschreibungen von Hölzern als Belege für die Anwendung der Untersuchungsmethode hier mitzutheilen.

a) Ulme (Ulmus campestris).

Schon mit freiem Auge erkennt man am Querschnitte des Ulmenholzes breite Jahrringe, indem eine Zone weiter

---

Für die Zwecke einer Bestimmung der Holzart ist jedoch die Ermittelung der Länge der Holzzellen unzweckmässig und unnöthig; unzweckmässig, weil zur Ermittelung der Längen die Zellen erst isolirt werden müssen, und auch die Messung so langer Objecte umständlich und mühsam ist; unnöthig, weil die

Gefässe sich mit Deutlichkeit von dem benachbarten Gewebe abhebt. Diese Gefässzone (Fig. 75 *g g*), das Frühlingsholz der Jahresschichte, erscheint dem unbewaffneten Auge poröse, das nachbarliche Gewebe hingegen dicht. Das dichte Gewebe — es ist das Sommer- und Herbstholz der Jahresschichte — ist in Bezug auf Glanz und Farbe keineswegs homogen, indem ein System schlangenförmig gewundener, doch der Hauptrichtung nach der genannten Gefässzone parallel laufender Binden dasselbe durchsetzt (Fig. 75 *g' g'*, *g'' g''*). Die Binden sind hell auf dunklem Grunde.

Figur 75.

Vergr. 90. Querschnitt durch das Holz der Ulme. Halbschematisch. *H* Herbst-, *F* Frühlings-, *S* Sommerholz, *R* Grenze zweier Jahrringe, *g g*, *g' g'*, *g'' g''* Gefässzonen, *M m* Markstrahlen. Die schraffirten Zwischenräume *h h* sind mit Holzzellen dicht erfüllt.

Betrachtet man das querdurchschnittene Ulmenholz mit der Loupe, so erscheinen die letztgenannten Binden poröse, etwa wie die Gefässzone des Frühlingsholzes dem unbewaffneten Auge erschien; das ausserhalb und innerhalb dieser Binden gelegene, dunkle Gewebe (licht- bis tiefbraun gefärbt *h h*) ist auch noch im Loupenbilde homogen und dicht. Nunmehr treten auch

---

anderweitigen Kennzeichen, wenn sie nur mit Verständniss benützt werden, vollends für die Zwecke der Erkennung ausreichen.

Markstrahlen, die für das freie Auge nur mit Anstrengung erkennbar waren, deutlich hervor.

Die mikroskopische Untersuchung des Ulmenholzes ergibt folgende Resultate.

Die Gefässzone des Frühlingsholzes besteht aus getüpfelten Gefässen (*g*), deren Durchmesser im Mittel $0{\cdot}158^{mm}$ misst. Die Tüpfel sind kreisförmig, stehen nicht dicht gedrängt nebeneinander; ihr Durchmesser beträgt im Mittel $0{\cdot}0072^{mm}$, die Länge der spaltenförmigen Pore $0{\cdot}004^{mm}$ [1]).

Die schon im Loupenbilde als poröse Gebilde hervortretenden Binden erweisen sich als Gefässzonen. Die Gefässe derselben stimmen in der Art der Verdickung mit den grossen Gefässen überein, nur ihre Durchmesser sind merklich kleiner, sie messen meist nur $0{\cdot}036^{mm}$.

Das Mikroskop lässt im Querschnitte zweierlei Markstrahlen erkennen, grosse (*M*) und kleine (*m*). Die grossen besitzen eine Breite von etwa $0{\cdot}09^{mm}$, sie bestehen aus 4—6 Zellreihen und verlaufen beinahe vollständig geradlinig. Die kleinen Markstrahlen sind nur ungefähr $0{\cdot}011^{mm}$ dick, bestehen aus 1—2 Zellreihen und erscheinen im Querschnitte stets krummlinig. — Die Markstrahlenzellen sind schwach verdickt, haben meist senkrechte Seitenwände und zeigen folgende Maasse:

$$r = 0{\cdot}090^{mm}$$
$$t = 0{\cdot}011^{mm}$$
$$h = 0{\cdot}011^{mm}$$

wobei r hier und in der Folge den radialen, t den tangentialen Durchmesser, endlich h die Höhe der Zelle im Mittel bezeichnet. r und t lassen sich am Querschnitte, h an irgend einem Längsschnitte ermitteln. — Die Markstrahlenzellen führen wenig Stärke und viel Harzmehl. Die Körner des letzteren werden durch Eisenchlorid schmutzig grün gefärbt.

Die auch noch im Loupenbilde homogen erscheinende braune Grundmasse, in welcher die Gefässzonen und Markstrahlen eingebettet sind, besteht der Hauptmasse nach aus Holzzellen, die hin und wieder von kleinen Gruppen von Holzparenchym

[1]) Fig. 74 *C* p. 135.

durchzogen sind; grössere Mengen von Holzparenchym zeigen sich in unmittelbarer Umgebung der Gefässzonen.

Die Holzzellen sind zwischeneinander gereiht und haben abgerundete, manchmal sechsseitige Querschnitte. Die Maasse des Querschnittes sind

$$r = t = 0{\cdot}014^{mm}.$$

Das Lumen der Holzzelle beträgt $0{\cdot}0072^{mm}$.

Die Zellen des Holzparenchyms tragen in Bezug auf Verdickung den Typus der Markstrahlenzellen und messen:

$$r = 0{\cdot}013^{mm}$$
$$t = 0{\cdot}015^{mm}$$
$$h = 0{\cdot}113^{mm}.$$

b) Eiche (Quercus robur).

Das unbewaffnete Auge erkennt am Querschnitte dieses Holzes allsogleich zwei Gewebsgruppen: grosse, glänzende Markstrahlen und ein System von porösen Zonen, auf welchen die Markstrahlen senkrecht stehen, und die an der Aussen- und Innenseite von einem dichten Gewebe umschlossen sind. Diese porösen Zonen (Fig. 76 *G G*) sind die an enorm grossen Gefässen reichen Frühlingslagen der Jahresringe. Das freie Auge erkennt noch innerhalb jeder Jahresschichte ein System kleiner, dunkler, unregelmässig gestalteter Flecken (*j*), deren Längenrichtung indess unverkennbar den Markstrahlen parallel läuft.

Im Loupenbilde treten diese Flecken noch klarer hervor, auch erscheint nunmehr ein System von Markstrahlen, welches sich der Beobachtung mit freiem Auge entzog.

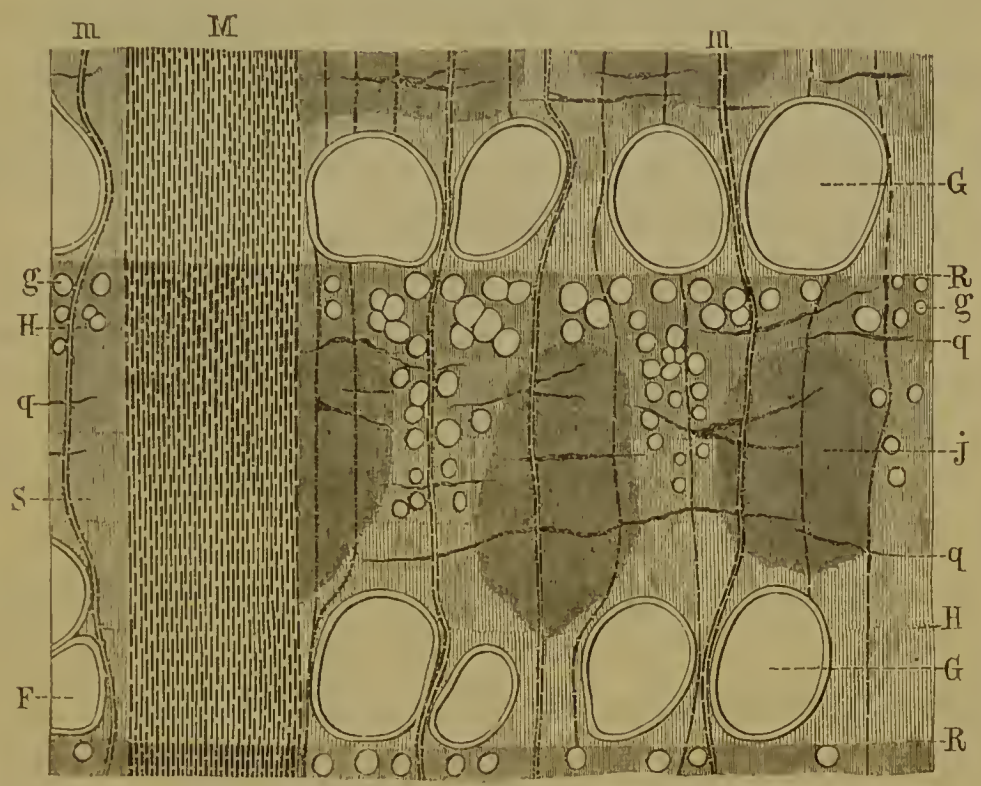
Das mikroskopische Bild des Querschnittes lässt uns zweierlei Gefässe erkennen, grosse und kleine. Der Durchmesser der grossen (*G*) misst im Mittel $0{\cdot}325^{mm}$, jener der kleinen (*g*) $0{\cdot}036^{mm}$. Erstere liegen im Frühlingsholze (*F*), letztere in kleiner Menge im Sommer- (*S*), in grösserer Menge im Herbstholze (*H*). Sämmtliche Gefässe sind getüpfelt; hin- und wieder gesellen sich zu den stets kreisförmigen, dicht nebeneinander gestellten Tüpfeln noch spiralig geformte tertiäre Verdickungs-

[1]) Siehe Fig. 74 *B*, p. 135.

schichten [1]). Der Durchmesser der Tüpfel misst im Mittel 0·0072^{mm}, jeden der meist kreisförmigen Poren 0·0018^{mm}.

Die deutlichen Markstrahlen (*M*) bestehen aus etwa 30 Zellreihen und haben eine Dicke von ungefähr 0·34^{mm}. Die unkenntlichen Markstrahlen (*m*) bestehen aus 1 — 3 Zellreihen und messen im Mittel 0·011^{mm}.

Figur 76.



Vergr. circa 80. Querschnitt durch das Holz der Eiche. Halbschematisch. *H* Herbst-, *S* Sommer-, *F* Frühlingsholz, *R* Grenze der Jahrringe, *G g* Gefässe, *M m* Markstrahlen, *h* schwachverdickte Holzzellen, *j* Inseln dickwandiger (bastartiger) Holzzellen, *q* Risse in dem Gewebe der Holzzellen. (*h* und *j* sind der Einfachheit wegen durch Schraffirung angezeigt).

Die Markstrahlenzellen sind mässig verdickt, ihre Querwände stehen in der Regel schief. Hier folgen ihre Abmessungen:

$$r = 0{\cdot}072^{mm}$$
$$t = 0{\cdot}019^{mm}$$
$$h = 0{\cdot}019^{mm}$$

Diese Zellen führen Gerbstoff- und Harzkörner. Eisenchlorid färbt beide, vornehmlich die ersteren blau.

Die dichte Grundmasse, in welcher Gefässe und Markstrahlen eingelagert sind, besteht aus Holzparenchym und Holzzellen. Das Holzparenchym umgibt die Gefässe und wird hier von dünnwandigen Holzzellen begleitet. Innerhalb dieser aus

Gefässen, Holzparenchym und dünnwandigen Holzzellen zusammengesetzten Gewebsmassen liegen grosse Inseln (*j*) von dickwandigen Holzzellen. Die schon mit freiem Auge erkennbaren, schon früher erwähnten dunklen Flecken sind mit diesen Inseln identisch.

Durch den Holzkörper des reifen Eichenholzes laufen eine Menge von kleinen Quersprüngen (*q*).

Die dünnwandigen Holzzellen haben einen grösseren Querschnitt als die dickwandigen; sie sind im Frühlings- und Sommerholze, je nach der Lage der Gefässe, im Herbstholze häufig in tangentialer Richtung etwas plattgedrückt. Das Lumen dieser Zellen misst circa $0{\cdot}0108^{mm}$, $r = t = 0{\cdot}0216^{mm}$.

Die dickwandigen Holzzellen sind zwischeneinander gereiht, ihre Querschnittsform ist kreisförmig oder sechsseitig abgeplattet. Das Lumen der Holzzelle misst nahezu $0{\cdot}0024^{mm}$, $r = t = 0{\cdot}0162^{mm}$.

Sämmtliche Holzzellen besitzen kleine, schief verlaufende, spaltenförmige Poren.

Die Zellen des Holzparenchyms haben einen polygonalen Querschnitt, dessen Abmessungen (Durchmesser und Lumen) mit denen der dünnwandigen Holzzellen übereinstimmen.

c) Ahorn (Acer platanoides).

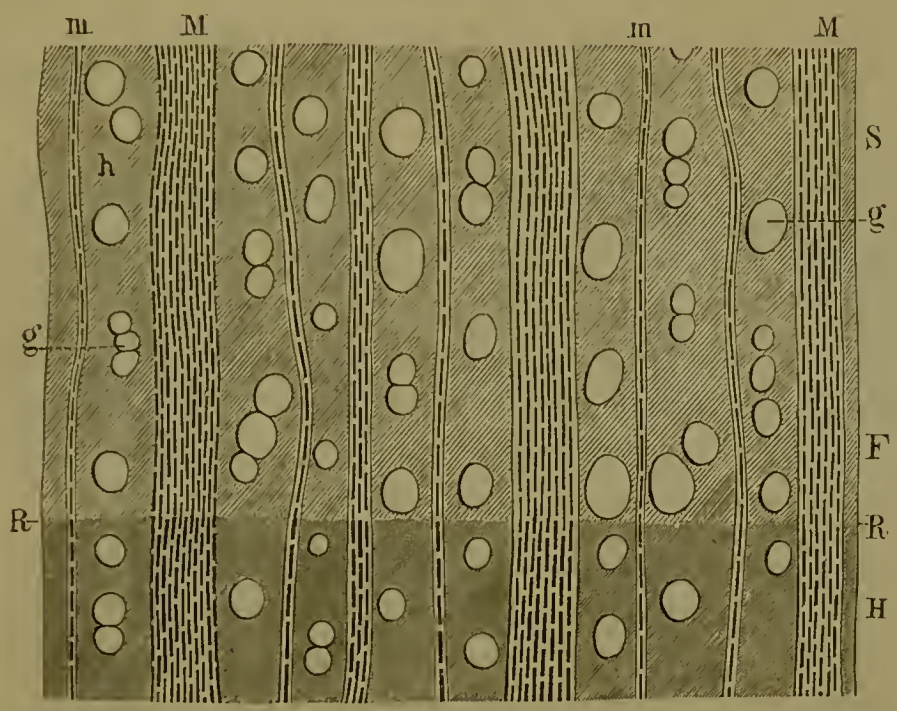
Das unbewaffnete Auge erkennt am Ahornholze kaum mehr als die Markstrahlen. Diese treten aber trotz ihrer geringen Dicke mit ziemlicher Schärfe hervor, da sie sich durch Farbe und Glanz vom Nachbargewebe unterscheiden. Auf frischer Schnittfläche sind die Markstrahlen dunkler als das Nachbargewebe, auf einer der Atmosphäre einige Zeit hindurch exponirt gewesenen Schnittfläche hingegen heller als das Nachbargewebe, da dieses an der Luft rasch nachdunkelt.

Mit der Loupe betrachtet, treten die Jahrringe, welche für das freie Auge so gut wie unkenntlich sind, ziemlich deutlich hervor. Die Gefässe sind auch mit der Loupe nicht sichtbar.

Die mikroskopische Untersuchung des Querschnittes zeigt uns die Grenze der Jahresringe (*R*); dieselbe ist aber hier lange nicht mit der Schärfe wie etwa beim Eichen- oder Ulmen-

holze gezogen, da sieh das Herbstholz (*H*) von dem benachbarten Frühlingsholze (*F*) nur dureh etwas stärker verdiekte Holzzellen unterscheidet.

Figur 77.



Vergr. circa 80. Querschnitt durch das Holz des Ahorns. Halbschematisch. *H* Herbst-, *F* Frühlings-, *S* Sommerholz, *R* Grenze zweier Jahrringe, *g* Gefässe, *h* Holzzellen (durch Schraffirung angezeigt), *Mm* Markstrahlen.

Am Quersehnitte erkennt man zwei Arten von Markstrahlen: kenntliehe (*M*), welehe aus 5—8, und unkenntliehe (*m*), welehe aus 1—2 Zellreihen bestehen; erstere haben eine Dieke von etwa 0·076^{mm}, letztere von 0·011^{mm}.

Jede einzelne Markstrahlenzelle erseheint sehwaeh verdiekt, führt grosse Mengen von Harzmehl, hingegen nur geringe Quantitäten von Stärk- und Gerbmehl. Die Gerbstoff- und Harzkörner werden dureh Eisenehlorid schmutziggrün gefärbt.

Die Abmessungen dieser Zellen, welehe theils senkreehte, theils sehiefe Seitenwände besitzen, sind folgende:

$$r = 0{\cdot}144^{mm}$$
$$t = 0{\cdot}009^{mm}$$
$$h = 0{\cdot}018^{mm}.$$

Die Gefässe dieses Holzes (*g g*) sind verhältnissmässig sparsam und ziemlieh gleiehmässig im Holzkörper vertheilt. Sie zeiehnen sieh allerdings dureh eine nur zwisehen engen Grenzen

schwankende Grösse ihres Querschnittes (im Mittel etwa 0·071^{mm}), doch keineswegs durch Gleichartigkeit in der Art der Verdickung aus, indem man sowohl Tüpfel- und Spiralgefässe als auch Tüpfel-Spiralgefässe und Poren-Spiralgefässe im Holze antrifft[1]). Die Tüpfel haben fast durchwegs sechsseitige Formen, die aber erst deutlich nach kurzer Einwirkung von Chromsäure hervortreten. Der Tüpfeldurchmesser beträgt im Mittel 0·0072^{mm}.

Die stets zwischeneinander gereihten Holzzellen sind ziemlich gleichmässig von kleinen Gruppen von Holzparenchym-Zellen durchsetzt. Die sehwachverdickten Holzzellen des Frühlingsholzes haben einen Querdurchmesser von 0·022^{mm} und ein Lumen von 0·014^{mm}; die starkverdickten Holzzellen des Sommer- und Herbstholzes hingegen einen Querdurchmesser von 0·018^{mm} und ein Lumen von 0·011^{mm}.

Die Zellen des Holzparenchyms tragen in Bezug auf Verdickung den Typus der Markstrahlenzellen, sie führen auch dieselben körnigen Einschlüsse. Hier folgen ihre Dimensionen.

$$r = 0{\cdot}018^{mm}$$
$$t = 0{\cdot}022^{mm}$$
$$h = 0{\cdot}180^{mm}.$$

d) Rothbuche (Fagus silvatica).

Das Holz dieses Baumes lässt schon an dem mit freiem Auge betrachteten Querschnitte deutliche Jahresringe und deutliche Markstrahlen erkennen, von welchen die letzteren nicht nur wegen ihrer bedeutenden Dicke (oft 0·198^{mm}) leicht erkennbar sind, sondern auch wegen der stets dunklen Färbung sich scharf vom Nachbargewebe abheben.

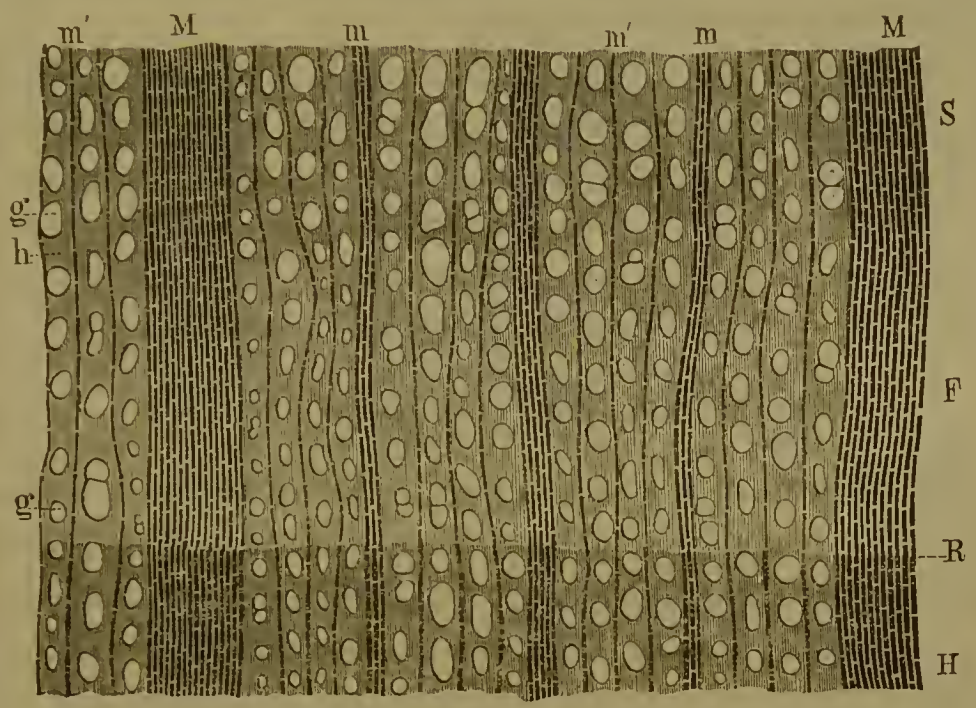
Das Loupenbild ist wenig instructiv; indem blos die auch schon dem unbewaffneten Auge sichtbaren „kenntlichen“ Markstrahlen etwas deutlicher hervortreten, über Gefässvertheilung hingegen durch die Loupe kein Aufschluss erhalten wird.

Das mikroskopische Bild des Querschnittes zeigt dreierlei Markstrahlen: erstens deutliche, aus circa 15 Zellreihen zusammengesetzt, 0·198^{mm} dick; zweitens kenntliche, 3 — 6 Zellreihen fassend, 0·057^{mm} dick; drittens unkenntliche Markstrahlen, sie

[1]) Fig. 73 *C*, p. 134 und Fig. 74 *E*, p. 135.

bestehen aus 1 — 2 Zellreihen und sind etwa 0·014^{mm} dick. — Die deutlichen Markstrahlen verlaufen geradlinig, die kenntlichen sind schwach gekrümmt, die unkenntlichen zeigen auffällige und allenthalben siehtbare Krümmungen.

Figur 78.



Vergr. circa 80. Querschnitt durch das Holz der Rothbuche. Halbschematisch. *H* Herbst-, *F* Frühlings-, *S* Sommerholz, *g g* Gefässe, *R* Grenze der Jahrringe, *Mm m'* Markstrahlen, *h* Holzzellen.

Die Markstrahlenzellen sind sehr stark verdiekt; die durchsehnittenen Verdiekungssehiehten zeichnen sich durch keulenförmige Gestalten aus, ihre Seitenwände stehen zumeist senkrecht auf den Radialwänden. Der Inhalt dieser Zellen führt wenig Stärk- und etwas mehr Harzmehl. An diesen Zellen ist

$$r = 0{\cdot}072^{mm}$$
$$t = 0{\cdot}014^{mm}$$
$$h = 0{\cdot}018^{mm}.$$

Die Gefässe treten in diesem Holze in sehr grosser Zahl und ziemlieh ebenmässiger Vertheilung auf. Ihre Weite variirt wenig und beträgt im Mittel 0·065^{mm}. Die Gefässwände sind getüpfelt [1]). Die einzelnen Tüpfel sind elliptiseh. Die grosse

[1]) Figur 73 *A B*, p. 134.

Axe der Ellipse misst im Mittel 0·0072^{mm}, die kleine 0·0054^{mm}; letztere liegt der Axe des Gefässes genau oder nahezu parallel. Die Poren der Tüpfel sind spaltenförmig, liegen in der grossen Axe und haben eine mittlere Länge von 0·0045^{mm}.

Die Holzzellen sind zwischeneinander gereiht, im Querschnitte rund oder seehsseitig abgeplattet, ihr Querdurchmesser misst 0·015^{mm}, ihr Lumen 0·007^{mm}.

Die Zellen des gleiehmässig im Holzkörper verbreiteten Holzparenehyms tragen in Bezug auf Verdickung und Inhalt den Charakter der Markstrahlenzellen. An ersteren misst

$$r = 0{\cdot}016^{mm}$$
$$t = 0{\cdot}019^{mm}$$
$$h = 0{\cdot}084^{mm}.$$

B. Nadelhölzer.

Die Nadelhölzer zeigen eine weitaus grössere Uebereinstimmung im Baue als die Laubhölzer, von denen sie sich durch eine Reihe von Charakteren auf das Bestimmteste unterseheiden.

Das Holz dieser Gewäehse besitzt keine Gefässe. Allerdings führt die erste Jahresschichte sämmtlieher Nadelbäume gefässartige Elemente (Spiral-, Treppen- und Netzleitzellen). Diese Sehichte versehwindet aber in ihrer Ausdehnung gegen die Masse des Holzkörpers und liegt, wenn man es mit „Holz“ zu thun hat, so ungemein selten vor, dass wir sehon aus diesem Grunde von diesen Elementen absehen können; übrigens wird man selbst an ganz kleinen Holzfragmenten die innerste Holzschichte an der starken Krümmung erkennen und bei genauerer mikroskopiseher Beobachtung bald entseheiden können, ob „Leitzellen“ oder „Gefässe“ vorliegen, und wird sieh selbst in diesen seltenen Fällen leieht vor Irrthum bewahren können.

Das Nadelholz führt — wir abstrahiren jetzt und in der Folge von der ersten Jahresschichte — eine Art von prosenchymatischen Elementen: Holzzellen, und zwei Arten von parenehymatischen Elementen: Markstrahlen- und Holzparenchymzellen.

Die Holzzellen der Nadelhölzer sind im Verhältnisse zu denen der Laubhölzer als weit und dünnwandig zu betrachten.

Ihr Querdurchmesser überragt den an Laubhölzern zu beobaehtenden im Mittel etwa um das Dreifache.

Im Allgemeinen kann man Nadelhölzer mit weiten (Kiefer, Fiehte, Tanne, Lärche) und solehe mit schmalen (Eibe, Ceder, Waehholder) Holzzellen unterseheiden. Der Querdurchmesser der ersteren misst etwa 0·05^{mm}, der der letzteren etwa 0·02^{mm}.

Sämmtliche Holzzellen der Nadelbäume besitzen an den Radialwänden grosse Tüpfel, deren Durehmesser meist nur um etwas weniges kleiner als die Durchmesser des Zell-Lumens sind. Sind die Tüpfel kleiner als das Lumen der Zelle, was beinahe an jedem Nadelholze hin und wieder beobachtet werden kann, an keinem jedoch typiseh auftritt, so bilden sie entweder eine (Tanne) oder zwei (Lärehe, Fiehte) Längsreihen.

Frühlings- und Sommerholz besteht aus dünnwandigen, Herbstholz aus diekwandigen Holzzellen [1]). Die Wände der letzteren sind reieh an Holzsubstanz, was nicht nur an ihrer dunklen Färbung, sondern vornehmlich daran zu erkennen ist, dass sie mit sehwefelsaurem Anilin behandelt, eine intensiv gelbe Farbe annehmen.

Die Holzzellen der Nadelbäume sind in der Regel neben- und hintereinander gereiht und bilden dann sowohl radiale als tangentiale Reihen, wodureh ihre so häufig zu beobaehtende vierseitige Querschnittsform bedingt wird. Die Zellen des Frühlings- und Sommerholzes sind quadratisch, die des Herbstholzes reehteekig im Querschnitte, die letzteren zeigen im Längssehnitte nieht selten eine zarte, spiralige Streifung, welche den tertiären Verdickungssehichten angehört.

Der Unterschied, welcher zwischen Frühlings-, Sommer- und Herbstholz besteht, bedingt bei den Nadelhölzern einzig und allein das Hervortreten der Jahresringe.

Beinahe an sämmtliehen Nadelhölzern unseres Klima treten die Jahresringe sehr deutlich hervor, besonders deutlieh bei Fichte, Tanne, Föhre und Lärche, weniger beim Waehholder. Undeutlich sind sie bei der Ceder, so gut wie keine Jahrringe hat die brasilianische Araukarie.

---

[1]) Fig. 72, p. 129.

Die Markstrahlen sämmtlicher Nadelhölzer gehören in die Kategorie der unkenntlichen, da sie erst bei starker Loupenvergrösserung im querdurchschnittenen Holze hervortreten. In der Regel bestehen diese Markstrahlen nur aus einer Zellschichte und sind meist nur circa $0{\cdot}022^{mm}$ dick. Ihre Höhe beträgt selten mehr als $0{\cdot}5^{mm}$.

Die Markstrahlen fehlen keinem Nadelholze; sie sind entweder poröse verdickt oder getüpfelt, manchmal harzreich (Lärche, Fichte, Föhre, Wachholder) manchmal harzarm (Tanne).

Das Holzparenchym fehlt blos der Eibe. In harzarmen Hölzern (z. B. Tanne) tritt es so sehr in den Hintergrund, dass man es bis auf die neueste Zeit gänzlich übersehen hat. Auch die Fichte ist nicht reich an Holzparenchym; man muss oft eine grosse Zahl von Längsschnitten durchprüfen, um auf dieses Gewebe zu kommen. Reich an Holzparenchym sind: Föhre, Lärche, Wachholder und Ceder.

Was man als Harzgänge der Nadelhölzer bezeichnet, ist theils Holzparenchym (senkrechter Harzgang), theils sind es Markstrahlen (wagrechter Harzgang), deren Inhalt reich an Harz ist, und deren Zellwände sich in einer Harzmetamorphose (siehe p. 61 und 76) befinden, welche oft Veranlassung zum Versehmelzen des verharzten Gewebes gibt. Lärche und Ceder sind besonders reich an Harzgängen.

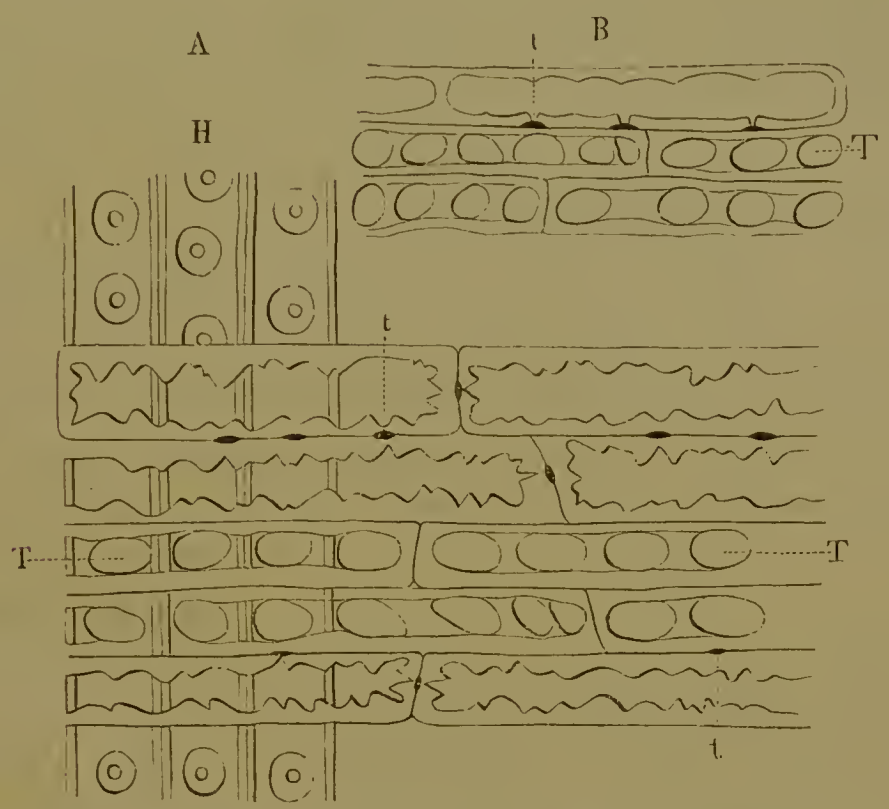
Zur Erkennung der Nadelhölzer benütze ich die Markstrahlenzellen und Holzzellen. Vornehmlich die ersteren sind in Folge ihres bei verschiedenen Nadelhölzern verschiedenen charakteristischen Gepräges, von grösster Wichtigkeit; die letzteren dienen nur dazu, um mit Leichtigkeit die Eibe von den andern Nadelhölzern zu unterscheiden, und ferner, um auf den ersten Blick entscheiden zu können, ob ein weitzelliges (Tanne, Fichte, Föhre, Lärche) oder ein schmalzelliges Nadelholz (Eibe, Ceder, Wachholder) vorliegt.

Kiefer oder Föhren (gemeine Kiefer, Pinus silvestris; Schwarzföhre, Pinus nigricans; Weymouthskiefer, Pinus strobus etc.).

Sämmtliche Kiefer zeigen zwei Arten von Markstrahlenzellen, von denen die Einen grosse Tüpfel haben, die den Tüpfeln der Holzzellen an Grösse gleichkommen oder sie sogar überragen,

die Anderen hingegen nur kleine Tüpfel besitzen. Durch diese Verschiedenartigkeit im Baue der Markstrahlenzellen unterscheiden sich die Kiefer sehr deutlich von allen übrigen Nadelhölzern. Weit weniger sind die verschiedenen Kieferarten untereinander

Figur 79.



Vergr. 300. *A* Radialer Längenschnitt durch das Holz der Kiefer, *H* Holzzellen, *t* Tüpfel an den äusseren, zackigverdickten, *T* Tüpfel an den inneren Markstrahlenzellen.
B Radial durchschnittene Markstrahlenzellen der Weymouthskiefer, *t* und *T* wie in *A*.

verschieden; übrigens dürfte auch die Unterscheidung der einzelnen Kieferarten in praetischer Beziehung nur von untergeordnetem Werthe sein.

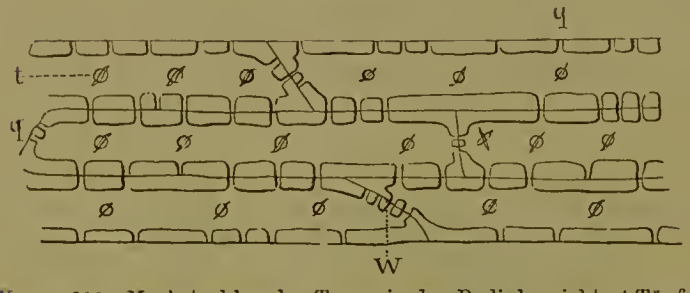
Von allen Kieferarten zeigen die gemeine und die Weymouthskiefer die deutlichsten Unterschiede. — Die Markstrahlenzellen der gemeinen Kiefer haben eine mittlere Höhe von 0·030^{mm} und einen mittleren Radialdurchmesser von 0·288^{mm}. Die grossen Tüpfel (Fig. 79 *A T*) sind zumeist elliptisch; die grosse Axe der Ellipse liegt dem Radialdurchmesser der Zelle parallel und misst etwa 0·031^{mm}. Die kleinen Tüpfel (Fig. 79 *A t*) sind auffallend kleiner als die erstgenannten. Die Zellen, an deren Grenzen diese kleinen Tüpfel auftreten, zeichnen sich durch höchst eigenthümlich

gestaltete, meist zackige Innengrenzen aus. — Die Markstrahlenzellen der Weymouthskiefer haben eine mittlere Höhe von 0·025^{mm} und einen mittleren Radialdurchmesser von 0·206^{mm}. Die grossen Tüpfel (Fig. 79 *B T*) sind ebenfalls elliptisch. Die grosse Axe der Ellipse misst im Mittel etwa 0·022^{mm}, und liegt oft parallel der Richtung der Holzzellen. Die Innengrenze der kleintüpfeligen Markstrahlen (Fig. 79 *B t*) ist beinahe ganz regelmässig gestaltet, d. h. läuft der Aussengrenze der Zelle nahezu parallel, und darin finde ich das Unterscheidungsmerkmal zwischen der gemeinen Kiefer und der Weymouthskiefer.

Tanne (Abies pectinata) und Fichte (Abies excelsior).

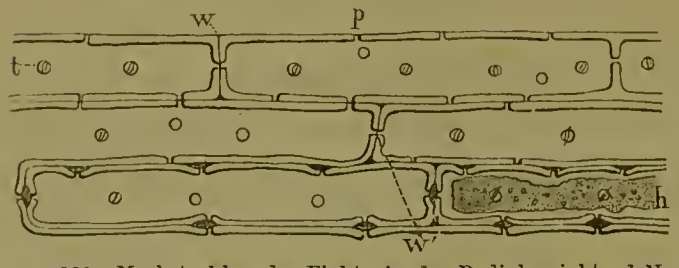
Tannen- und Fichtenholz zeigen eine grosse Uebereinstimmung im anatomischen Baue und selbst im Baue der Zellen, so dass sie sich von einander beinahe eben so schwer wie die Kieferarten scheiden lassen. Im Baue der Markstrahlenzellen finde ich jedoch einige Anhaltspunkte zur Unterscheidung der beiden Holzarten, welche bei aufmerksamer Beobachtung zu sicheren Resultaten führen.

Figur 80.



Vergr. 300. Markstrahlen der Tanne in der Radialansicht. *t* Tüpfel, *q* Poren.

Figur 81.



Vergr. 300. Markstrahlen der Fichte in der Radialansicht. *h* Harziger Inhalt der Zelle, welcher sich auf Einwirkung von Chromsäure von der Wand ablöste.

Radiale Längsschnitte durch Tannenholz zeigen, dass die auf der Schnittebene senkrecht stehenden Seitenwände der Markstrahlenzellen stets poröse verdickt und von zahlreichen Porenkanälen durchsetzt sind; dass hingegen die der Schnittebene parallel laufenden Wände getüpfelt sind.

Betrachtet man hingegen die Markstrahlenzellen des Fichtenholzes auf dem radialen Längsschnitte, so stellt sich allerdings heraus, dass die der Schnittebene parallelen Wände stets getüpfelt sind, dass aber die Seitenwände an einigen Zellen poröse verdickt, an anderen hingegen getüpfelt sind. Die Anzahl der Porenkanäle dieser Zellwände ist eine geringe. Die kurzen Seitenwände der Tanne (Fig. 80 *w*) sind meist stark geneigt, die der Fichte (Fig. 81 *w w'*), entweder ganz senkrecht oder nur wenig geneigt.

Die Radialdurchmesser der Markstrahlenzellen stimmen bei Tanne und Fichte ziemlich überein. Die Höhe dieser Zellen ist bei der Tanne etwas grösser als bei der Fichte, ebenso die Dicke der Wand. Im Tannenholze beträgt die Dicke der Markstrahlen-Zellwand circa 0·0036^{mm}, der Durchmesser des Lumens 0·009^{mm}; im Fichtenholze die erste Grösse 0·0027^{mm}, die zweite 0·018^{mm}.

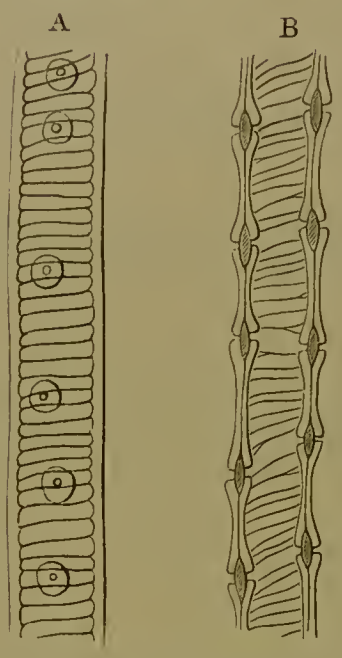
Die Markstrahlenzellen der Tanne sind fast stets luftführend, die der Fichte hingegen meist harzreich. Das Harz hat eine gelbbraune Farbe, wird durch Liegen in Chromsäure entfärbt und zieht sich in diesem Reagens ähnlich wie das Plasma, von einem Schlauche (Hautschichte) umkleidet, im Innern der Zelle zusammen, ein Verhalten, welches ich an allen harzführenden Markstrahlenzellen der Nadelhölzer beobachtet habe.

Das Holz der Lärche (Larix europaea) nähert sich im Baue und Inhalt seiner Markstrahlenzellen, deren Seitenwände zum Theil poröse, zum Theil getüpfelt sind und viel Harz führen, der Fichte. Doch sind die Markstrahlenzellen der Lärche reicher an Poren als die der Fichte. Die kurzen Seitenwände gleichen jenen der Tanne. Das Holz der Lärche ist reich an Harzgängen.

Das echte Cedernholz (von Pinus Cedrus) zeichnet sich durch schmale Holzzellen aus. Die Markstrahlenzellen tragen den Typus jener des Tannenholzes, sind aber viel kürzer und höher als diese (der Radialdurchmesser ist oft nur halb so gross); ihre Wände sind mit zahlreicheren Porenkanälen durchsetzt und zudem reichlich mit braunem Harze versehen. Das Cedernholz ist reich an harzführendem Holzparenchym (Harzgänge).

Unter dem Namen Cedernholz kommen zwei Holzsorten in den Handel, die jedoch nicht von Pinus Cedrus abstammen. Die eine Holzsorte, ein schönes, rothbraunes Holz, dient zur Verfertigung der Hülsen für bessere Bleistiftsorten; das andere ist das Holz der meisten aus Amerika kommenden Cigarrenkistchen. Die erste Holzsorte stammt von einer Wachholderart (Juniperus virginiana), die zweite erweist sich unter Mikroskop auf den ersten Blick als Laubholz.

Figur 82.



Vergr. 400. Getüpfelte Holzzellen der Eibe mit spiralförmigen tertiären Verdickungsschichten. *A* radialer, *B* tangentialer Längenschnitt.

Das Holz sämmtlicher Wachholderarten (Juniperus) ist schmalzellig und stets reich an Harz, welches die Markstrahlen und das Holzparenchym erfüllt. Die Markstrahlenzellen haben die Dimensionen der Markstrahlenzellen des Tannenholzes, nähern sich aber im feineren Baue mehr jenen des Kiefernholzes. Das Harz des gemeinen Wachholders (Juniperus communis) hat eine braune, jenes des virginischen Wachholders eine blutrothe Farbe. Das Holz der Eibe (Taxus baccata) unterscheidet sich durch seine schmalen, getüpfelten, im Inneren spiralig verdickten Holzzellen (Fig. 82), und durch den Mangel an Holzparenchym von allen übrigen Nadelhölzern.

SECHSTER ABSCHNITT.

Die Zellbildung mit Rücksicht auf Hefe, deren Abstammung und deren Entwicklung bei der geistigen Gährung.

I. Die Zellbildung.

Dureh die neuere mikroskopisehe Forschung wurde festgestellt, dass sieh die Elementarorgane der Pflanzen und Thiere nur aus dem Körper sehon vorhandener Zellen herausbilden können. Niemals können sieh Zellen aus blos organisehen Materien bilden; zur Zellbildung gehört also der organisirte Leib der Zelle.

Die Lebensthätigkeiten der Zelle vollziehen sieh im Protoplasma, von welehem sehon oben (p. 40) gesagt wurde, dass es den alleinig integrirenden Bestandtheil der Zelle bildet. Wir werden deshalb bei Betraehtung der Zellbildung unsere Aufmerksamkeit vorzugsweise auf diesen Körper zu lenken haben.

Für jede Pflanzen- oder Thierzelle gilt vorerst der Satz: dass dieselbe nur insolange fortpflanzungsfähig bleibt, als sie noch entweder blos aus Protoplasma besteht, oder doeh noeh ansehnliche Mengen von demselben führt. Zellen, deren Protoplasma gänzlieh zur Membran erstarrt ist (Holzzellen des reifen Holzes), oder deren Protoplasma zum grossen Theile oder vollständig in Substanzen umgesetzt wurde, die als aufgelöste Stoffe im wässerigen Zellsafte auftreten (Parenehymzellen reifer Runkelrüben, reifer Beeren etc.), oder als

körnige Substanzen im Innern der Zelle liegen (stärkeführende Zellen der Kartoffeln, der Getreidekörner etc.) sind nicht mehr fortpflanzungsfähig.

Allgemein ausgedrückt besteht der Vorgang der Zellbildung darin, dass sich von einer Zelle ein Theil des Protoplasma abtrennt, und hierauf selbstständig in die Functionen der Zelle eintritt.

II. Die Zellbildung im Pflanzenreiche.

Man unterscheidet im Pflanzenreiche zwei strenge von einander geschiedene Arten der Zellbildung: die freie Zellbildung und die Zellbildung durch Theilung. Bei der ersten wird blos ein Theil des Protoplasma der Zelle (Mutterzelle) zur Bildung von neuen Zellen (Tochterzellen) verwendet, bei der letzteren wird hingegen das ganze Protoplasma der Mutterzelle zur Bildung der Tochterzellen aufgebraucht, wobei in der Regel nur zwei Tochterzellen gebildet werden, während bei der freien Zellbildung eine oder mehrere oft sehr zahlreiche Tochterzellen entstehen.

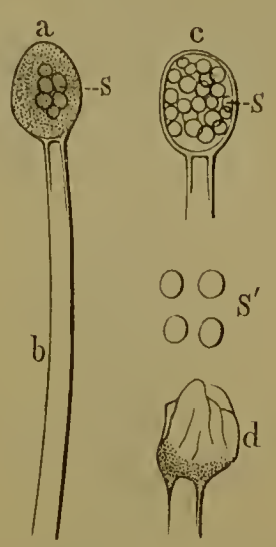
Die freie Zellbildung spielt beim Fortpflanzungsacte eine wichtige Rolle, indem die erste zellige Anlage des Pflanzenkeimes stets auf diese Weise gebildet wird. Die Sporen (Fortpflanzungszellen der blüthenlosen Gewächse) und die erste Embryonalzelle, aus welcher sich der im Samen der blühenden Pflanzen liegende Keim entwickelt, entstehen durch freie Zellbildung.

Die Zellbildung durch Theilung beherrscht stets den gewöhnlichen Wachsthumsact. Die Wurzeln, Stämme, Blätter und Blüthentheile sind ganz und gar aus Geweben aufgebaut, deren Zellen durch Theilung entstanden. Die Fortpflanzung der Hefe in einer gährenden Flüssigkeit erfolgt stets nur durch Theilung.

Die Sporenbildung am gemeinen weissen Schimmel (Mucor) als Beispiel freier Zellbildung. Am Ende der fadenförmigen Fruchtäste entwickelt sich je eine grosse blasenförmige, mit Protoplasma erfüllte Zelle. Der grösste Theil des Proto-

plasma ballt sich in kleine Klumpen, die sich mit zarten Membranen umhüllen. Durch Erstarrung grösserer Protoplasma-Massen entwiekelt sich an jeder, nun mehr selbstständigen Zelle eine deutlich ausgeprägte Zellmembran. Die Sporen sind fertig und werden durch Platzen der Mutterzelle in Freiheit gesetzt (Fig. 83).

Figur 83.



Vergr. 300. *a* In Entwicklung begriffene, *c* vollkommen entwickelte Sporenfrucht eines weissen Schimmels (Mucor), der aus Hefe auf eingedickter Gummilösung hervorwuchs. *s* Sporen, durch freie Zellbildung entstehend, *d* Entleerte Sporenfrucht, *s'* stärker vergrösserte Sporen, *b* Hyphe.

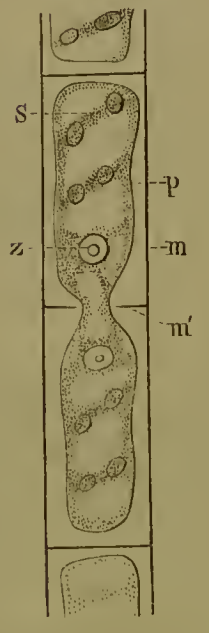
Die Fortpflanzung der Zellen an der Süsswasseralge, Spirogyra, als Beispiel der Zellbildung durch Theilung.

Das erste was sich an den Zellen der genannten Pflanze beim Theilungsvorgange bemerken lässt, ist das Auftreten von zwei Kernen, die durch Theilung des Kernes der Mutterzelle entstanden sind. Hierauf folgt ringförmige Einschnürung des Protoplasma. Knapp hinter dem eingeschnürten Plasma schiebt sich, von der Membran der Mutterzelle aus, eine Scheidewand vor, vorerst in Form einer Ringscheibe, die mit der fortschreitenden Einschnürung des Protoplasma immer weiter in's Innere der Zelle hineinwächst und wenn das Protoplasma sich vollständig getheilt hat in Form einer Scheidewand zwischen den beiden Zellen liegt. Durch die Mittel, durch welche man eine Contraction der Hautschichte hervorrufen kann (s. p. 52), lässt sich deren Gegenwart auch während des Theilungsactes nachweisen (Fig. 84).

Diese beiden Fälle der Zellbildung können wohl dazu dienen, ein Bild von der Art der hierbei stattfindenden Erscheinungen, zu entwerfen; um aber die Bildungsvorgänge bei der Zellvermehrung in ihrer Totalität zu schildern, ist es nothwendig noch folgendes beizufügen. — Die freie Zellbildung äussert sich stets in einer Differenzirung einer gewissen Protoplasma-Menge von ihrer Umgebung. Manchmal ist ein Kern vorgebildet, wie im angeführten Falle, oder es erscheint der Kern erst später, nachdem das Plasmaklümpchen, aus welchem die Tochterzelle her-

vorgeht, sich bereits deutlich von der Umgebung unterscheidet. Aber erst nach der Bildung des Kernes entsteht die hautartige Umkleidung der Tochterzelle. — Die Zellbildung durch Theilung kann noch weit einfachere Verhältnisse darbieten, als diejenigen, welche wir oben bei Spirogyra kennen lernten. Es kann nämlich der Fall eintreten, dass sich die Theilung vollzieht, ohne dass das Plasma von einer Membran umhüllt ist, wie bei den Schleimpilzen. Es kann die Theilung ohne Anwesenheit einer Hautschichte innerhalb der Zellmembran vor sich gehen, ein in geschlossenen Geweben nicht seltener Fall. Auch kernlose Zellen (Hefezellen) pflanzen sich durch Theilung fort; hier vollzieht sich also die Theilung ohne irgend welcher sichtbaren Veränderung im Inneren des Protoplasma. — In geschlossenen Geweben nimmt die starre Wand der Mutterzelle an der Theilung keinen Antheil; bei einzelligen Organismen (z. B. bei den Hefezellen) schnürt sie sich sammt dem Plasma ab. Es entsteht nun die Frage, was in jenen Fällen der Zellbildung, in welchen die Membran der Mutterzellen an der Bildung der Tochterzellen keinen Antheil nimmt (in sämmtlichen geschlossenen Geweben; Parenchym, Oberhaut etc.), mit ihr geschieht. Die Membran der Mutterzelle verliert, nachdem die Tochterzellen gebildet sind, ihre Structur, sie verwandelt sich unter gleichzeitiger chemischer Veränderung in die sogenannte Intercellularsubstanz (s. p. 44 und 63). — Die homogene, gleichsam zwischen den Zellen ergossene Intercellularsubstanz geht allerdings stets aus Zellwänden des betreffenden Gewebes hervor, ist aber nichts desto weniger doppelten Ursprunges: erstens gibt eine gewisse Partie der äussersten Schichten der Zellwand durch Desorganisation und chemische Metamorphose Materiale zur Bildung dieses Körpers ab, und zweitens setzt sich, wie erwähnt,

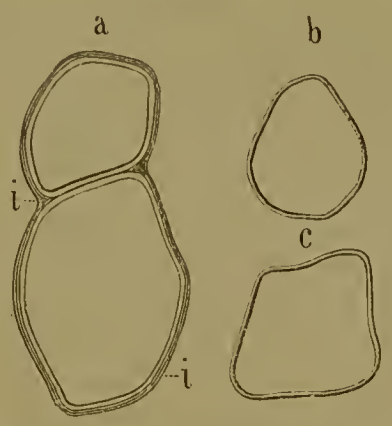
Figur 84.



Vergr 120. In Theilung begriffene Zelle der Alge Spirogyra nach Einwirkung von concentrirter Zuckerlösung. *m* Membran der Mutterzelle, *m'* unfertige Membran der beiden Tochterzellen, *p* Protoplasma v. d. Hautschichte umschlossen, *s* Protoplasmastränge mit Chlorophyllkörnern, *z* Zellkern, *h* Hautschichte.

die Membran der Mutterzelle nach Bildung der Tochterzellen in Intercellularsubstanz um. Dieser doppelte Ursprung der Intercellularsubstanz macht es begreiflich, dass die Menge dieses Körpers im ganzen Umfange einer Zelle nicht immer die gleiche ist. Es ist nämlich leicht einzusehen, dass an zwei aus einer Mutterzelle hervorgegangenen Tochterzellen (Fig. 85) an der Stelle wo die Zellen aneinander stossen die Menge der Intercellularsubstanz geringer als an allen anderen sein muss, weil an dieser Stelle blos die Wände der Tochterzellen das Materiale zur Bildung des Zwischenzellstoffes abgaben, während an allen anderen Orten der Zelle sich auch die aus der Membran der Mutterzelle hervorgegangene Intercellularsubstanz vorfindet. Diese Vertheilung der Intercellularsubstanz macht es begreiflich, dass bei der Zerlegung eines Gewebes in seine Formelemente durch Lösung der Intercellularsubstanz, die Zellen nicht alsogleich einzeln, sondern vorerst in Gruppen auseinander treten, deren Elemente einer und derselben Mutterzelle entstammen. Fig. 85 zeigt Parenchymzellen der Runkelrübe, welche durch Auflösung der Intercellularsubstanz aus dem Verbande treten. Die beiden noch miteinander verbundenen Zellen (*a*) entstammen einer und derselben Mutterzelle. Erst nach längerer Einwirkung des Lösungsmittels trennen sie sich von einander.

Fig. 85.



Vergr. 200. Parenchymzellen der Runkelrübe durch Kalilauge aus dem Verbande gebracht.

Die angeführten Beobachtungen dürften genügen, die bis jetzt bekannten, bei der Zellbildung statthabenden thatsächlichen Verhältnisse insoweit darzulegen, als es für die Zwecke des Technikers nothwendig erscheint. Doch erachte ich es nicht für überflüssig an dieser Stelle wenigstens anzudeuten, in wie weit das Wesen der Zellbildung bis jetzt erschlossen ist.

Auf den ersten Anblick möchte es erscheinen, als würden jene mechanischen Vorgänge, die wir bei der Zellbildung beobachten, auch die Ursachen der Zellenbildung sein. Diese Anschauung kann einer eingehenderen Erörterung nicht Stand

halten. Die bei der Theilung vorwärtswachsende, sich einschnürende Hautschichte des Plasma dürfte wohl kaum die Fortpflanzung der Zellen bedingen, erstens weil durchaus nicht in allen Fällen der Zellvermehrung eine Hautschichte vorkömmt, und mithin hier ganz andere Ursachen die Fortpflanzung hervorrufen müssen, die aber immerhin, auch in allen jenen Fällen statthaben könnten, in welchen eine Hautschichte vorkömmt; und zweitens, weil die Hautschichte ein erhärtendes, und wie wir weiter mit Recht sagen können, ersterbendes Protoplasma ist, von welchem unmöglich eine so wichtige Lebensfunction wie die Fortpflanzung der Zelle ausgehen kann. — Aber noch weniger dürfen wir uns zur Annahme verleiten lassen, dass die Ursache der Zellvermehrung im Vorwärtswaehsen einer Wand zu suchen sei, da ja alle unsere Erfahrungen lehren, dass die Zellwand ein Erstarrungsproduct des Protoplasma ist. Das Vorwärtswachsen einer Membran können wir gar nicht anders deuten, wie als Erstarrung des sich einschnürenden Protoplasma. — Wir sehen uns also genöthigt, anzunehmen, dass alle Vorgänge, die wir während der Zellvermehrung sehen: Scheidewandbildung, Einschnürung der Hautschichte, Theilung des Kernes, nur ganz passive Vorgänge sind, welche blos im Gefolge der Fortpflanzung auftreten, und dass die wahren mechanischen Ursachen derselben blos im lebenden Leib der Zelle im Protoplasma zu suchen sind. Die Art und Weise der Activität des lebenden Zellenleibes während der Fortpflanzung ist uns aber gegenwärtig noch vollständig unbekannt.

III. Die Entwicklung der Hefe.

Die geistige Gährung beruht nach den gründlichen Untersuchungen der Neuzeit auf dem Lebensprocesse einer Pflanze, der Hefepflanze oder des Gährungspilzes, und wird speciell durch den Forpflanzungsact derselben hervorgerufen [1]).

[1]) Die Geschichte der Erforschung der Hefe ist folgende. Die erste wissenschaftliche Untersuchung der Hefe unternahm Leeuwenhoek im siebzehnten Jahrhundert; er wusste bereits, dass die Hefe aus lauter mikrokospisch kleinen kugeligen und ellipsoidischen Körnchen zusammengesetzt ist. Die organisirte Natur der Hefe scheint ihm noch unbekannt geblieben zu sein. Im acht-

Die Hefe besteht aus kleinen 0·008 bis 0·0144^{mm} messenden Zellen von kugelförmiger oder ellipsoidischer Gestalt, welche unter dem Namen Cryptococcus zu den Algen, unter dem Namen Hormiseium und Torula zu den Pilzen gestellt wurden. Durch den Mangel an Chlorophyll und durch die Aufnahme organischer Nahrung, charakterisiren sich die Hefezellen als Pilze.

An jeder Hefezelle unterscheidet man zwei Theile: Membran und Protoplasma. Sehr häufig ist die Membran scharf vom Inhalte gesondert, und ist man dann stets im Stande durch Chromsäure die Hautschichte zu contrahiren. Doch zeigt sich nicht selten, besonders in frischen, in üppiger Fortpflanzung begriffenen Hefezellen, dass eine Grenze zwischen Membran und Plasma nicht ersichtlich ist. In diesen Fällen gelingt eine Contraction des Plasma nach dem Inneren der Zelle durch Chrom-

---

zehnten Jahrhunderte fand die mikroskopische Forschung keinen Anklang; sie wurde beinahe völlig durch die systematische Richtung auf dem Gebiete der Naturgeschichte der Organismen sistirt, und dürfen wir deshalb auch nicht erwarten, irgend welche Aufklärung über die Natur der Hefe in der betreffenden Literatur der genannten Zeit zu finden. Im letzten Jahre des achtzehnten Jahrhunderts behauptete noch Fabroni in einer von der Akademie zu Florenz gekrönten Preisschrift, dass die Hefe eine mit dem Kleber identische organische Substanz sei. 1826 wurde die mikroskopische Untersuchung der Hefe wieder aufgenommen. Desmazières zu Lille publicirte im genannten Jahre die Beobachtung, dass die Hefe ganz und gar aus Infusorien zusammengesetzt sei. Obwohl diese Beobachtung völlig unrichtig war, so trifft durch sie Desmarières doch keineswegs der Vorwurf, etwas beschrieben zu haben, was er gar nicht gesehen. Möglicherweise war die von D. untersuchte Hefe reichlich mit Körnchen untermischt, welche das Phänomen der Molekularbewegung zeigte, oder es traten in der Hefe Infusorien, die ihm während der Beobachtung entgangen, auf, welche ihre Bewegung auf die Hefezellen übertrugen. Bei der Unvollkommenheit der meisten im ersten Drittel unseres Jahrhunderts benutzten Instrumente und der geringen Anwendung des Mikroskopes zu dieser Zeit findet man selbst so grosse Irrthümer, wie die in D's. Angaben enthaltenen, erklärlich. Desmazières Arbeit hatte aber das Gute, dass die Aufmerksamkeit der Forscher wieder auf die Hefe gelenkt wurde. Kurze Zeit nach D. machten Kützing in Deutschland und Cagniard de Latour (1835) sehr wichtige Beobachtungen; ersterer erkannte den vegetabilischen Charakter der Hefe und stellte sie als Cryptococcus fermenti zu den Algen, letzterer entdeckte die Fortpflanzungsweise derselben durch „Knospung“ (bourgeonnement). Die Chemiker, vornehmlich Berzelius und Liebig, bestritten vorerst den vegetabilischen Charakter der Hefe (Berzelius erklärte die Hefe für ein nicht krystallinisches Pulver, dem er alles Leben absprach) und als sich dieser nicht mehr läugnen liess, die Lebendigkeit der Hefe während der Gährung. Liebig und seine Anhänger behaupteten, dass die Hefe als Orga-

säure nieht; vielmehr bemerkt man an solchen Zellen, dass sich entweder die ganze Hefezelle zusammenzieht oder eine Contraction des Plasma gegen den Contour hin stattfand. Man kann daraus schliessen, dass in sehr jungen Entwicklungsstadien das Plasma unmittelbar in die Zellmembran übergeht [1]). Man kann ferner mit einiger Sicherheit behaupten, dass die jüngsten Hefezellen eine auf der Entwicklungsstufe der Hautschichte stehende Membran besitzen (hier erfolgt durch Chromsäure eine Contraction der ganzen Zelle), dass die weiteren Entwicklungsformen allerdings eine bereits starre Wand besitzen, die aber noch unmittelbar in's Protoplasma übergeht (diese Zellen erleiden im Reagens eine Zusammenziehung des Protoplasma nach dem Contour hin), und dass noch fernere Entwicklungsformen starre, vom Protoplasma deutlich getrennte Wände haben (an diesen erfolgt ein Abheben der Hautschichte von der Zellwand).

Die Membran der Hefezellen ist stets structurlos. Sie zeigt nicht die Reactionen der gewöhnlichen Cellulose, indem sie weder durch Jod und Schwefelsäure gebläut, noch durch Kupferoxydammoniak in Lösung übergeführt wird. Durch Kali und

---

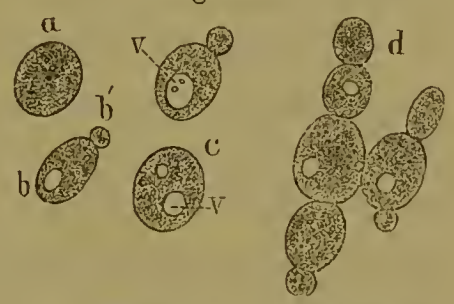
nismus erst zu Grunde gehen müsse, bevor ihr die Fähigkeit zukömmt, Zucker in Kohlensäure und Alkohol zu spalten. Mitscherlich war der erste Chemiker, welcher den physiologisehen Forschungen Gerechtigkeit widerfahren liess; er stimmte auf Grund eigener Beobaehtungen den Mikroskopikern bei, indem auch er die Hefe für einen, während der Gährung lebenden, vegetabilischen Organismus erklärte. Die Nothwendigkeit einer Fortpflanzung der Hefe während der geistigen Gährung, wurde endgiltig erst durch Pasteur *(Mémoire sur la fermentation alcoolique. An. Chim. et Phys. T. 58. 1860)* constatirt; seine diesbezüglichen Arbeiten gewinnen aber auch dadurch an Bedeutung, dass er die Frage der geistigen Gährung mit jener der Urzeugung in Zusammenhang brachte. Er widerlegte auf dem Wege des Experimentes die Behauptung Schleiden's und seiner Anhänger, dass die Hefezellen in gährenden Flüssigkeiten aus den darin befindlichen organischen Substanzen (Eiweiss, Zucker etc.) entstehen, und zeigte, dass sie Abkömmlinge von Organismen sind, die auf irgend eine Weise in die gährungsfähigen Flüssigkeiten hinein geriethen. — Geschichtliche Notizen über die Stellung, welche der Hefe im Pflanzenreiche zugewiesen wurde, werde ich an anderen Stellen dieses Capitels zu bringen Gelegenheit finden.

[1]) Sachs (botan. Zeitung 1855) gibt an, dass die Enden wachsender Pilzfäden keine Sonderung von Plasma und Membran erkennen lassen, was de Bary (Morphologie und Physiologie der Pilze, Flechten und Myxomyeeten. Leipzig, 1866, p. 9) bestreitet.

Chromsäure wird die Wand der Hefezellen weitaus lebhafter als die gewöhnliche Cellulose angegriffen. Wenn nun auch die Wand der Hefezelle substanziell mit Cellulose nicht identisch ist, so sprechen doch Wahrscheinlichkeitsgründe dafür, dass sie aus einem der Cellulose nahestehenden Kohlenhydrat besteht. Analysen der Zellmembranen verwandter Pflanzen [1]) zeigten nämlich, dass dieselben die elementare Zusammensetzung der Cellulose besitzen. De Bary nennt die Substanz, welche die Wand der Pilzzellen constituirt, Pilzcellulose [2]).

Das Protoplasma der Hefezellen zeigt die gewöhnlichen Reactionen der Eiweisskörper. Jugendliche Hefezellen sind ganz gleichmässig mit dem feinkörnigen Schleim des Protoplasma erfüllt; ältere Zellen führen kleine Tröpfchen, die man gewöhnlich als „Vacuolen“ beschrieb, im Inhalte. Häufig tritt ein solches Tröpfchen im Protoplasma auf und wurde früher als Zellkern gedeutet. Zellkerne fehlen aber stets den Hefezellen. Auch zwei oder mehrere Tröpfchen kann man nicht selten im Inhalte der Hefezellen beobachten. Sie haben entschieden die Bedeutung des wässerigen Zellsaftes.

Figur 86.



Vergr. 600mal. Mit Protoplasma erfüllte Hefezellen aus frischer Bierhefe. *v* Vacuolen im Protoplasma, *b'* Knospe.

Die drei Hefearten, welche die geistige Gährung bedingen, sind: Bier-, Brantwein- und Weinmosthefe.

Zwischen Bier- und Branntweinhefe existirt kein Unterschied; sie bestehen aus meist ellipsoidischen, von der Kugelform nicht weit abweichenden Gestalten. Die Zellen der Weinmosthefe sind ellipsoidisch und nicht selten an beiden Enden zugespitzt; sie sind merklich kleiner als die Zellen der Bier- und Branntweinhefe.

Die Hefe, welche sich in gährenden Flüssigkeiten an der Oberfläche sammelt, wird mit dem Namen Oberhefe bezeichnet, während die am Boden der Gährgefässe sich sammelnde Hefe als Unterhefe bezeichnet wird. Zwischen beiden

[1]) Payen analysirte das Gewebe des Agaricus campestris, Fromberg jenes des Polyporus officinalis.

[2]) l. c. p. 7.

existirt kein auffallender Unterschied. Da aber die Oberhefe in lebhafterer Vegetation als die Unterhefe begriffen ist, so wird man an der ersteren häufiger die, weiter unten näher zu besprechende, „hefeartige Sprossung", als an der letzteren beobachten können. In Folge des raschen Theilungsvorganges bei der hefeartigen Sprossung treten bei der Obergährung häufig Zellcolonien (p. 87) und seltener vereinzelte Hefezellen auf, während bei der Untergährung der Theilungsact so träge vor sich geht, dass beinahe jede Hefezelle erst dann eine Tochterzelle abschnürt, wenn sie selbst von ihrer Mutterzelle sich völlig abgelöst hat, in Folge welchen Umstandes hier vornehmlich vereinzelte Zellen auftreten. Darin liegt allerdings ein Unterschied zwischen Ober- und Unterhefe, auf welchen zuerst von R. Wagner [1]) hingedeutet wurde. Wagner fasst aber den Unterschied schärfer auf, als er in der That besteht. Wenn er behauptet, dass die Oberhefe nur aus Ketten (kettenförmige Colonie von Hefezellen), die Unterhefe nur aus vereinzelten Zellen bestehe, so wird dies wohl nicht mit Unrecht bestritten [2]).

Vor Kurzem wurde eine Reihe interessanter Beobachtungen an der Bierhefe gemacht, welche für die Kenntniss ihrer wahren Natur von erheblichem Werthe sind, so dass sie hier nicht übergangen werden dürfen. Die Zellen der Bierhefe sind durchwegs elastisch, wie sich durch Compressorien erweisen lässt. Im jugendlichen Zustande sind sie beinahe hyalin und erscheinen erst auf Einwirkung von Säuren körnig. Durch concentrirte Säuren oder Chlorzink-Lösung werden die Hautschichten der Zellen contrahirt. Ganz jugendliche Zellen werden durch Farbstoffe (Anilin) alsogleich intensiv gefärbt, ältere Zellen nehmen weitaus weniger vom Farbstoff auf. Wasser macht die Hefezellen aufquellen, wobei die Vacuolen sich vergrössern; hingegen wirkt absoluter Alkohol contrahirend. Alte Hefe, wie sie z. B. im Fassgeläger zu finden ist, besteht aus Zellen mit contrahirten Hautschichten [3]).

---

[1]) Journ. f. praet. Chem. Bd. 45, p. 241.

[2]) Hoffmann. Mykologische Studien über die Gährung. Botan. Zeitg. 1860.

[3]) Die im Absatze angeführten Beobachtungen sind einer Arbeit entnommen, welche Dr. Lermer bei mir ausführte und die im Augusthefte (1866) des polyt. Journals von Dingler zum Abdrucke kömmt.

Die Hefe ist keine selbstständige Pflanze, sie setzt sieh aus den Fortpflanzungszellen (Sporen) gewisser Pilze zusammen. Nieht alle Pilzsporen leiten Gährung ein; so z. B. blieben Versuehe, mit den Sporen des Champignons (Agarieus eampestris) oder des Röhrenpilzes (Boletus granulatus), Zueker in alkoholisehe Gährung zu bringen, erfolglos [1]). Hingegen haben zahlreiehe Versuche gezeigt, dass die in der Atmosphäre allgemein verbreiteten Sporen der Sehimmelpilze Gährung einleiten. Man findet sie unter anderem im Staube und an der Oberfläehe der Früehte (Trauben, Staehelbeeren), und darf sieh deshalb nieht wundern, wenn selbst der gewöhnliehe Zimmerstaub Gährung einleitet, oder der Saft der Trauben und Staehelbeeren ohne Hefezusatz in Gährung übergeht.

Die Hefe des Weinmostes seheint aus den Sporen sehr versehiedenartiger Sehimmelpilze zusammengesetzt zu sein; die weitaus homogenere Branntwein- und Bierhefe besteht der Hauptsaehe naeh aus den Sporen zweier ungemein häufig vorkommender Pilze, des gemeinen grünen Sehimmels (Peneeillium glaueum) und einer weissen Sehimmelart (Mueor mueedo) [2]).

Die Sporen der Schimmelpilze werden in gährenden Flüssigkeiten zu „Hefe“, aus gewöhnlieher Bier- oder Branntweinhefe kann man Sehimmelpilze erziehen. Das Hervorwaehsen der Sehimmelpilze aus Hefe kann man in Bierbrauereien im Grossen beobaehten; die bei Seite geworfene Hefe überdeekt sieh alsbald mit den grünen Rasen des Peneeillium glaucum oder dem weissen Filzgewebe des Mueor mueedo.

Die Sporen des Peneeillium bilden sieh auf andere Weise als die des Mueor; erstere entstehen an den Enden der Pilzfäden dureh Theilung, letztere ebendaselbst dureh freie Zellbildung.

Sowohl Peneeillium als Mueor (wie überhaupt sämmtliehe Sehimmelpilze) bestehen aus einem Gefleehte von Pilzfäden (Myeelium), von welehem sieh die die Sporen bildenden Fruehtäste (Hyphen) erheben. An den Hyphen des Peneeillium glaueum

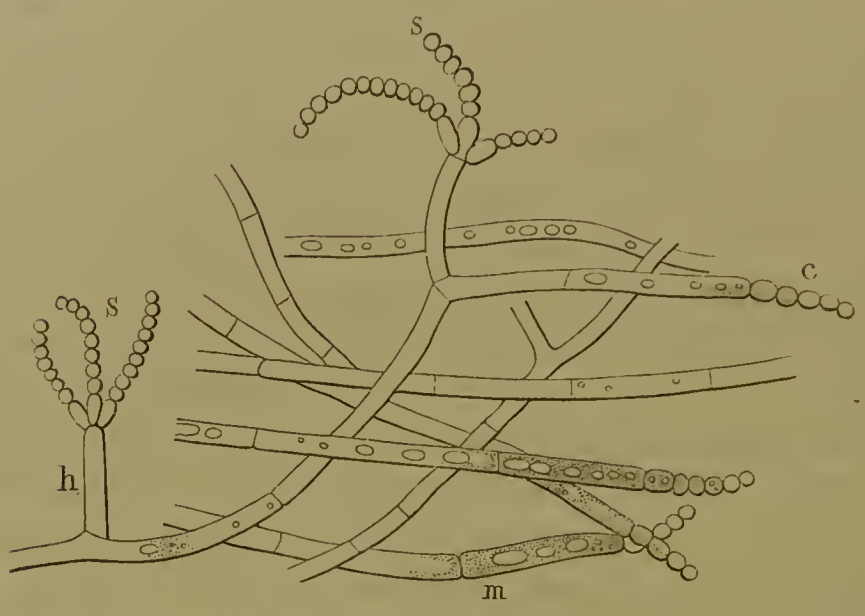
---

[1]) Hoffmann l. c.

[2]) Hoffmann l. c.

geht die Bildung der Sporen durch einfache Abschnürung von Zellen vor sich [1]); an den Fruchtästen des Mucor mucedo wird hingegen die Endzelle blasenförmig, ein Theil des Plasma dieser Zelle bildet sich in deren Innerem zu mehreren neuen Zellen (Sporen) um, die mithin durch freie Zellbildung entstanden sind [2]).

Figur 87.



Vergr. 300. Gewebe des grünen Schimmels (Penecillium glaucum), *m* Mycelium, *h* Fruchtäste, *S*, *c* Sporenfrüchte.

Gelangen die so gebildeten Sporen unter jene Bedingungen, unter welchen Schimmelbildung möglich ist, z. B. auf eingedickte Zucker- oder Gummilösungen, auf angeschnittene rohe oder eingemachte Früchte, so entwickeln sich aus ihnen Mycelien und dann fructificirende Hyphen, gelangen sie hingegen in gährungsfähige Flüssigkeiten, so theilt sich jede Spore und schnürt nur Zellen ihres Gleichen ab, es entsteht Hefe.

Die Vermehrung der Hefezellen geschieht durch eine Art von Theilung, die man wegen ihrer Eigenartigkeit mit dem besonderen Namen der hefeartigen Sprossung bezeichnet hat.

---

[1]) In der Pilzkunde bezeichnet man solche durch Theilung entstandene Fortpflanzungszellen als Conidien.

[2]) Jeder Schimmelpilz verhält sich in seiner Sporenbildung entweder wie Peneeillium oder wie Mucor; die dem Penecillium analogen werden als Hyphomyceten, die dem Mucor analogen als Mucorineen bezeichnet. — Ueber Zellbildung bei Mucor s. Fig. 83, p. 153.

Dieselbe besteht darin, dass sich an jeder Mutterzelle eine oder zwei Ausstülpungen bilden, die mit Protoplasma gefüllt sind (Latour's Knospen). Es sind dies die ersten Anlagen der Tochterzellen. Dieselben wachsen und hängen hierbei noch mit der Mutterzelle, allerdings nur durch eine relativ sehr kleine Basis zusammen. Erreichen sie die Grösse der Mutterzelle, so trennen sie sich häufig von ihr los; oft aber bleiben sie mit ihr noch in Verbindung und treiben neue Ausstülpungen, so dass dann rosenkranzförmige, manchmal auch verzweigte Zellcolonien entstehen [1]). Diese Gruppen können im Laufe ihres Lebens zerfallen, und jede freigewordene Zelle kann sich noch, wenn sie eben genügend ernährt wird (durch Zucker und stickstoffhaltige Substanzen [Eiweisskörper oder Ammoniaksalze]), weiter fortpflanzen. Ist aber die zur Fortpflanzung nothwendige Nahrung nicht vorhanden, dann zerfallen alle Sprosse in ihre Zellen, und die Plasmareste der letzteren werden nur zur Verdickung der Zellwand benützt. Die Vacuolen mehren sich, die Zusammenziehbarkeit der Hautschichte wird typisch, der Innenraum der Zelle wird immer mehr und mehr mit einer Flüssigkeit gefüllt, welche mit der die sogenannten Vacuolen erfüllenden Flüssigkeit im optischen Verhalten übereinstimmt. Im Inneren dieser Flüssigkeiten liegen dann ein oder mehrere Körnchen, welche in sehr lebhafter Bewegung (wohl nur Molecularbewegung) begriffen sind.

In neuester Zeit wurden von E. Hallier [2]) eine Reihe von Arbeiten über die Hefe publicirt, welche nicht nur von wissenschaftlicher, sondern, wie ich glaube, auch von practischer Bedeutung sind, weshalb ich in Kürze die Ergebnisse dieser Untersuchungen mittheile.

Es ist schwierig Hallier's Arbeiten in ihrer Totalität zu erfassen, da die Behandlung sehr heterogener Gegenstände wie Hautkrankheiten, gährende Flüssigkeiten etc., schon an und für sich Schwierigkeiten in die Darstellung bringen musste, und einige Lücken in den Angaben das Herausfinden der factischen Ergebnisse sehr erschweren.

---

[1]) Siehe Fig. 86, p. 159.

[2]) Botanische Zeitung 1865, 1866.

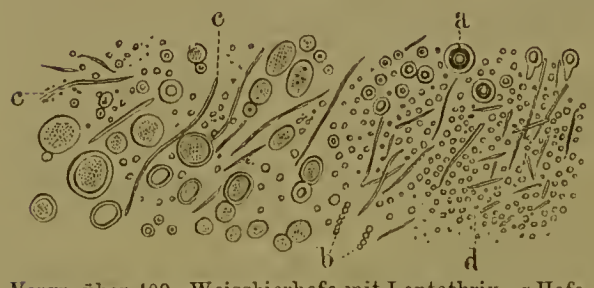
Die Schlussfolgerungen, welche unmittelbar aus Hallier's Beobachtungen hervorgehen, möchten sich wohl am besten in folgende Sätze fassen lassen.

1. Die Hefe besteht entweder blos aus Hefezellen, oder sie ist mehr oder minder reich mit kleinen Körnchen untermischt. Diese Körnchen sind identisch mit den in den Vacuolen der Hefezellen vorkommenden, daselbst in mehr oder minder lebhafter Bewegung sich befindlichen Körnchen.

2. Diese Körnchen sind die Fortpflanzungszellen eines früher unter dem Namen Leptothrix zu den Algen gestellten mikroskopischen Pflänzchens.

Es gibt Hefearten, die ausser Hefezellen und Leptothrixkörner auch noch das Leptothrixpflänzchen führen; letzteres erscheint in sehr feinen stäbchen- oder fadenförmigen, aus überaus kleinen Zellen bestehenden Gebilden (Hefezellen, Körnchen und Fäden findet man z. B. im kahmigen Weisswein).

Figur 88.



Vergr. über 400. Weissbierhefe mit Leptothrix. *a* Hefezellen, *b*, *c* Leptothrixfäden, *d* Leptothrixkörner (nach Hallier's Beobachtungen über Leptothrix und Hefe. Bot. Zeitung 1865).

3. Es gibt Umstände, unter welchen die Membranen der Hefezellen platzen und die Leptothrixkörner austreten, die dann frei zwischen geschlossenen Hefezellen liegen (tritt ein, wenn man Hefe auf angeschnittene Kirschen säet).

4. Es gibt Umstände, unter welchen die Leptothrixkörner zu Hefezellen (in Glycerin), und andere, unter welchen die Körnchen zu Leptothrixfäden auswachsen, von welchen letzteren Körnchen abgeschnürt werden können. —

Nach Lermer's Beobachtungen pflanzen sich Leptothrixkörner, die noch in Vacuolen liegen, innerhalb dieser, und zwar dadurch fort, dass sie neue Körnchen abschnüren.

In guter Branntweinhefe, wie solche als „Presshefe" in den Handel kommt, fand ich nur Spuren von Leptothrixkörnern. Die Hefezellen selbst zeigten einen feinkörnigen plasmatischen Inhalt, zwischen welchen ich keine Leptothrixkörner bemerkte. In

guter frischer Unterhefe (von untergährigem Biere) kommen nur wenig Leptothrixkörner und Leptothrix führende Hefezellen vor. In schlechter Bierhefe habe ich häufig beide in reichlicher Menge und zudem noch Leptothrixfäden aufgefunden. Würzen, in welchen solche Hefe zu functioniren hatte, gährten sehr langsam. Das sogenannte Fassgeläger ist nach Lermer's Untersuchungen reich an Leptothrixkörnern; Fäden finden sich darin nicht vor. Im Fassgeläger kommen fast nur alte, Leptothrixkörner führende Hefezellen vor. Im kahmigen Weine treten nach Hallier's Beobachtungen Leptotrixformen auf.

Die angeführten Beobachtungen deuten darauf hin, dass das Vorkommen von Leptothrixkörnern in der Hefe das Gährungsvermögen der letzteren beeinträchtigt. Der Grund hiervon liegt darin, dass eine mit Leptothrixkörnern reichlich gemischte Hefe zumeist aus solchen Hefezellen besteht, in deren Inhalt selbst wieder Leptothrixkörner vorkommen; solche Zellen unterliegen aber, wie ich finde, nicht mehr der hefeartigen Sprossung. Da nun in einer körnerreichen Hefe nur ein Theil der Zellen sich theilt, das Auswachsen der Körnchen zu Hefe aber keine Alkoholgährung einleitet, so ist leicht einzusehen, warum solche Hefe nur einen geringen Effect in einer zuckerhaltigen Flüssigkeit hervorbringen kann.

Die Umstände, unter welchen die Hefe der Maischen oder Würzen zu Leptothrix sich umbilden, sind noch zu erforschen. Die Concentration der gährenden Flüssigkeiten scheint hierbei eine grosse Rolle zu spielen.

SIEBENTER ABSCHNITT.

Die thierischen Gewebe.

Der mikroskopisch-technischen Untersuchung fällt in Bezug auf thierische Objecte eine weitaus kleinere Aufgabe, als in Bezug auf Producte des Pflanzenreiches zu. Wir können uns deshalb in diesem Capitel kürzer als in den früheren fassen. In Betreff der Thierzelle genügt das, was im zweiten Capitel über die Zelle im Allgemeinen gesagt wurde. Die freie, thierische Zelle, wie sie im Blute, im Speichel, als einzelliges Thier u. s. w. auftritt, hat für uns ein so untergeordnetes Interesse, dass wir sogleich zur Betrachtung der Gewebe übergehen können.

Nach der gegenwärtig am meisten im Gebrauch stehenden Eintheilung, bringt man die thierischen Gewebe in folgende Reihen:

I. Zellengewebe:
   a) Oberhautgewebe,
   b) Gewebe der Drüsen,

II. Gewebe der Bindesubstanz:
   c) einfache Bindesubstanz,
   d) Knorpelgewebe,
   e) faserige Bindesubstanz (Bindegewebe und elastisches Gewebe),
   f) Knochengewebe und Zahnbeinlein,

III. Muskelgewebe:
   g) Gewebe der glatten Muskeln,
   h) Gewebe der quergestreiften Muskeln.

IV. k) Nervengewebe[1]).

[1]) Kölliker. Handbuch der Gewebelehre. 4. Auflage. Leipzig, 1862.

Das Gewebe der Drüsen, der einfachen Bindesubstanz (Bindesubstanz der Mollusken und Decapoden, Gallerte der Tunicaten, Glaskörper des Auges u. c. a.), ebenso das Nervengewebe sind in technischer Beziehung ohne Interesse, weswegen wir dieselben nicht weiter betrachten werden.

I. Oberhautgewebe.

Die Bedeckungsorgane der Thiere bestehen entweder ganz oder zum Theile aus diesem Gewebe. Die Aussenschichte der menschlichen und Säugethierhaut, die Haare, Stacheln, Schilder, Schuppen, Nägel, Hufe, Klauen, der Schmelz der Zähne, sind sämmtlich Oberhautgewebe. Dieses Gewebe setzt sich aus Zellen zusammen, die meistens parallel der Oberfläche jenes Organes, welches sie bedecken, plattgedrückt sind. Mässig plattgedrückt sind die Zellen der menschlichen Oberhaut, die Zellen der Schildplatten der Schildkröte. Die Zellen, welche die Haare bedecken und die Hörner der Wiederkäuer zusammensetzen, sind so dünn, dass die Dimension der Höhe gegen jene der Fläche geradezu verschwindet.

Im jugendlichen Zustande besteht jede Oberhautzelle aus einer zarten Membran, aus Protoplasma und Kern. Später erhärtet (verhornt) die Membran, der Kern verschwindet, das Protoplasma wird entweder ganz oder zum Theile zum Aufbaue der Wand aufgebraucht [1]). Solche verhornte Zellen sind dickwandige, mit Luft und etwas feinkörniger Eiweissmasse gefüllte Blasen.

Chemisch genommen, bestehen die Zellen des Oberhautgewebes anfänglich stets aus Eiweisssubstanzen. In diesem Zustande werden sie durch Alkalien und Säuren rasch zerstört. Später verwandeln sie sich in die Hornsubstanz, und erweisen sich den Säuren und Alkalien gegenüber sehr resistent. Die

---

[1]) Blos die Zellen des Epithels (Mundschleimhaut u. s. w.) bleiben bis an's Lebensende im protoplasmatischen Zustande. Die menschliche Mundschleimhaut, die man mit Leichtigkeit z. B. mit dem Fingernagel abziehen kann, zeigt in schönster Weise Membran, Plasma und Kern, besonders deutlich, wenn man sie mit Jod- oder Carminlösung färbt.

Intercellularsubstanz der verhornten Oberhautzellen geht rasch durch Alkalien in Lösung, rascher als die an diese Substanz angrenzenden Schichten der Membran. Am besten eignet sich zur Auflösung der Intercellularsubstanz der Oberhautgewebe eine frische Lösung von Kupferoxydammoniak. Dieses Reagens führt die genannte Substanz rasch in Lösung, greift aber die Membran der Zelle erst in verhältnissmässig sehr später Zeit an [1]).

Das Oberhautgewebe der Säugethierhaut. Die menschliche und Säugethierhaut besteht bekanntlich aus drei deutlich von einander getrennten Gewebsschichten, welche als Oberhaut, Schleimhaut und Lederhaut angesprochen werden. Die beiden ersten sind Oberhautgewebe und bestehen aus platten Zellen, die dritte, die mächtigste von allen, setzt sich aus Fasern zusammen, und gehört in die Kategorie des später zu beschreibenden Bindegewebes.

Behandelt man ein Stück Säugethierhaut mit Kalkwasser, so findet man, dass sich die Oberhaut und Schleimhaut von der Lederhaut leicht trennen lässt. Darauf beruht die Anwendung des Kalkwassers in der Gerberei. Doch wirkt dasselbe auch, wie später noch näher beschrieben werden wird, auf das Bindegewebe der Lederhaut [2]).

Schleimhaut und Oberhaut sind allerdings ziemlich scharf von einander abgegrenzt, dennoch existiren zwischen den Elementen beider keine anderen als Altersunterschiede, weswegen man sie gegenwärtig allgemein als Oberhaut zusammenfasst. Die Schleimhaut besteht aus jugendlichen, dünnwandigen, protoplasmatischen Zellen, die sogenannte Oberhaut aus älteren, derbwandigen, verhornten Zellen. Erstere bezeichnet man jetzt als Schleimschichte, letztere als Hornschichte der Oberhaut.

Die Zellen der Schleimschichte führen stets Zellkerne, jene der Hornschichte sind häufig bereits kernlos; erstere sind ganz mit Protoplasma gefüllt, letztere enthalten meist Luft und nur eingetroeknete Reste von Protoplasma.

---

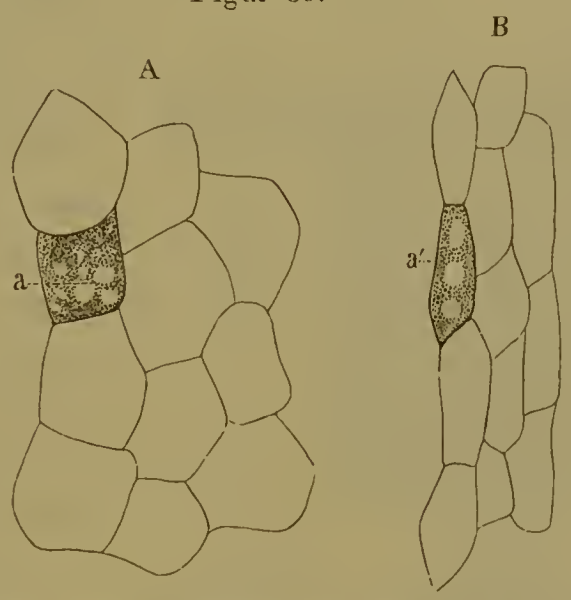
[1]) Die Einwirkung des Kupferoxydammoniaks auf thierische Gewebe etc. l. c.

[2]) Der Erfinder der Schnellgerberei, A. Seguin, hat die Anwendung des Kalkwassers in die Gerberei eingeführt. (S. Hermbstaedt's Journal. Berlin, 1802. I. p. 187.)

Führt man durch die Säugethierhaut einen senkrechten Durchschnitt, der sowohl die Schleim- als die Hornschichte trifft, so erkennt man im Mikroskope sofort die Zellen der ersteren. Die Zellen der letzteren treten erst nach Einwirkung von Alkalien oder Essigsäure, besonders deutlich durch Kupferoxydammoniak hervor. Das anfänglich structurlos erscheinende Gewebe lässt auf Zusatz des letzteren alsbald seinen zelligen Bau erkennen und kurze Zeit hierauf treten die Elemente, mit wohlerhaltener Gestalt aus dem Zusammenhange, und kann man dann mit Leichtigkeit Form und Grösse derselben studiren [1]).

Form und Grösse der Schleimschicht- und Hornschichtzellen stimmen ziemlich überein. Letztere sind etwas platter und unregelmässiger als erstere. Die Länge der Zellen beträgt an der Kalbshaut circa 0·014^{mm}, die Breite nahezu 0·011^{mm}. Die analogen Werthe der Oberhautzellen anderer Häute weichen von den angeführten Zahlen nur um geringes ab.

Figur 89.



Vergr. 400. Schildkrot-Durchschnitte nach kurzer Einwirkung von Kalilauge. *A* parallel der Oberfläche, *B* in darauf senkrechter Richtung durchschnitten, *a*, *a'* Protoplasmareste reichlich mit Pigmentkörnchen untermischt.

Das Gewebe des Schildkrot. Das Gewebe aus welchem sich die Schildplatten der Schildkröten zusammensetzen, besteht aus Zellen, welche entweder schon direct auf Quer- oder Längsschnitte sich erkennen lassen, oder doch auf Einwirkung von Säuren oder Alkalien, dann aber auch überaus deutlich hervortreten. Von der Fläche gesehen, erscheinen sie polygonal, etwas weniges in die Länge gestreckt. In senkrechter Richtung durchschnitten,

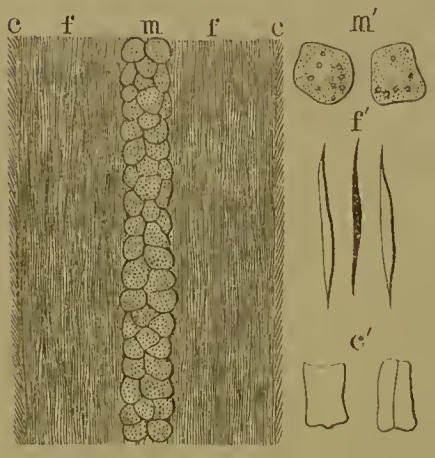
[1]) Ein Stückchen Oberhaut von der Daumenbeere mit dem Messer abgetragen und mit einem der Reagentien behandelt, ist ein ganz instructives Object für das Studium der Hornschichte.

erscheinen sie langgestreckt, da sie parallel der Oberfläche der Schildplatte zusammengedrückt sind. Die meisten Zellen sind reichlich mit dunkler, eingetrockneter Protoplasmamasse, in welcher kleine Pigmentkörner eingestreut liegen, versehen. Die Zellen aus den dunklen Flecken der Schildplatten sind überaus reich an diesen Körnchen.

Schildkrot wird häufig durch Horn oder durch in Salzsäure aufgeweichtes Elfenbein manchmal täuschend ähnlich nachgeahmt. Durch Vergleichung der Structur dieser drei Körper stellt sich wohl die mikroskopische Erkennungsmethode als eine überaus sichere heraus.

Das Gewebe der Haare. Die Haare lassen nur selten ohne Vorbehandlung in Reagentien ihre Structur erkennen. Menschliche Haare zeigen, im Wasser liegend, häufig im Inneren eine dunkle Partie, ferner eine Andeutung von innerer Faserung und schuppiger Bedeckung.

Figur 90.



Vergr. 200. *m′*, *f′*, *c′* stärker vergrössert. Menschliches Haar nach mehrstündigem Liegen in Kupferoxydammoniak mit der Nadel getheilt, *c* Cuticula, *f* Faserschichte, *m* Mark des Haares, *c′* Cuticularplättchen, *f′* Elemente der Faserschichte, *m′* Markzellen.

Die Structur des Haares erkennt man nach Vorbehandlung derselben in Säuren (z. B. Schwefelsäure) oder Alkalien (z. B. Natron). Am besten kömmt man zum Ziele durch Anwendung von frischem Kupferoxydammoniak. Säuren und Alkalien lassen an allen Haaren eine schuppige Umhüllung — die Cuticula — und ein unter dieser liegendes faseriges Gewebe — die Faserschichte — ferner in vielen Fällen ein centrales Zellgewebe von parenchymatischem Charakter das Mark — unterscheiden.

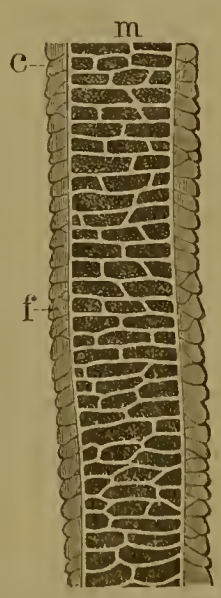
Legt man ein Haar, z. B. ein menschliches Kopfhaar, in frisch bereitetes Kupferoxydammoniak ein, so hat es nach mehreren Stunden eine tiefblaue Farbe angenommen, quoll stark auf und lässt sich nun mit der Nadel leicht spalten. An der Spaltfläche sieht man dann überaus deutlich die drei Schichten des Haares. Durch feinere Zertheilung des Haares mit den Präparir-

nadeln ist man im Stande, jede dieser Schichten in ihre letzten Elemente zu zerlegen. Man findet, dass die Cuticula stets aus überaus dünnen, sich dachziegelförmig deckenden Plättchen — den Cuticularplättchen — die Fasersehichte aus feinen Fasern besteht, welche parallel der Cuticula etwas plattgedrückt sind, endlich das Mark aus kleinen rundlichen oder polyedrischen Zellen zusammengesetzt ist, welche Körnchen und Tröpfchen führen.

Der Querdurchmesser des menschlichen Haares misst 0·04 bis 0·1^{mm}; das Mark beträgt $^1/_3$—$^1/_5$ des Querdurchmessers. Die Länge der Cuticularplättchen beträgt circa 0·055^{mm}, die Breite 0·035^{mm}; die Länge der Fasern 0·07, die Breite 0·006, die Dicke 0·003^{mm}, der Durchmesser der Markzellen beiläufig 0·02^{mm}.

Die Färbung des Haares hat meist ihren Grund in einer Färbung der Faserschichte, seltener in einem Pigmente der Markzellen. Die Faserschichte ist entweder ganz homogen gefärbt oder fleckig, das Mark entweder ganz oder zum Theile mit Pigment gefüllt. Die weisse Farbe des Haares beruht zumeist auf dem Umstande, dass die Markzellen mit zahlreichen überaus kleinen Luftbläschen gefüllt sind, die unter Mikroskop in Folge totaler Reflexion des Lichtes im durchfallenden Lichte schwarz, im auffallenden weiss erscheinen. Am schönsten sind diese Luftbläschen am weissen Haar des Kalbes, überhaupt des Rindes, zu sehen. Das ganze Mark erscheint hier tiefschwarz (Fig. 91). Durch Liegen solcher weisser Haare in Terpentinöl oder verdünnter Chromsäure werden die Luftbläschen aus den Markzellen vertrieben, und erscheinen die letzteren dann durchsichtig und farblos. Das silberweisse Haar der Angoraziege und wahrscheinlich noch andere Haare verdanken ihre weisse Farbe einfach ihren an sich schon farblosen, dicht aneinander schliessenden Elementen.

Figur 91.

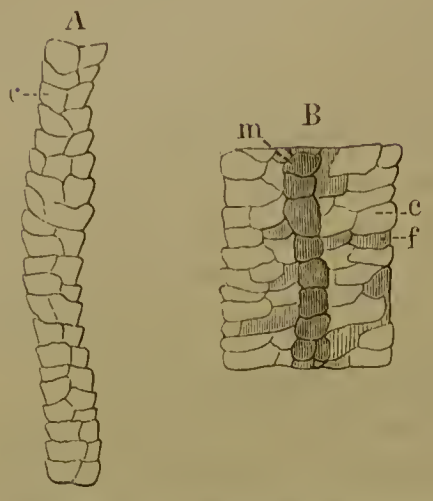


Verg. 200. Weisses Kalbshaar, *c* Cuticula, *f* Faserschichte, *m* Mark.

Die Dimensionen des Haares, die Mächtigkeit seiner Schichten und die Grösse und Form seiner Elemente geben genugsam Anhaltspunkte zur Bestimmung der verschieden technisch verwendeten thierischen Haare ab.

Details liegen nicht im Plane dieser Schrift. Die Methode der Untersuchung ist im Vorhergehenden schon gegeben. Einige wenige typische Beispiele dürften jedoch dazu beitragen, die Anwendung der Methode bei speciellen Untersuchungen zu erläutern.

Figur 92.

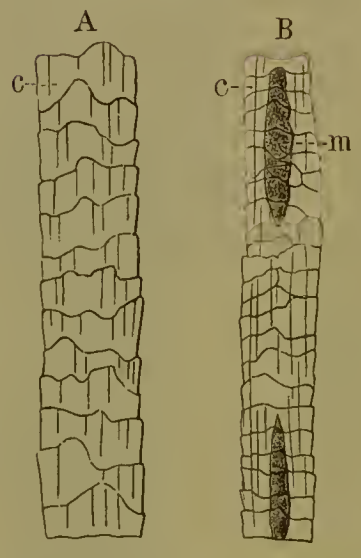


Vergr. 200. Fragmente von Schafwollhaaren. *A* unverändert, *B* nach Einwirkung von Chromsäure, *c* Cuticula, *f* Faserschichte, *m* Mark.

Das natürlich gefärbte Alpaeohaar lässt, im Wasser liegend, keinerlei Structurverhältnisse erkennen; nur am Rande erbliekt man bei genauer Betraehtung die Profile der Cutieularplättehen.

Das gewöhnliehe Wollhaar des Sehafes (Fig. 92) zeigt in der Regel nur die Cutieularplättchen, diese aber in seharfen Contouren; manehmal erkennt man aueh die Faserschiehte und das Mark. Mit Sehwefelsäure behandelt, tritt an vielen Wollhaaren das Mark hervor, wo letzteres nieht hervortritt, sind die Wollhaare von Natur aus marklos.

Figur 93.



Vergr. 200. *A* Haar der Angoraziege, *B* des Alpaco, *c* Cuticula, *m* Markzellen-Inseln.

Am Haar der Angoraziege (Fig. 93 *A*) erbliekt man sogleich die grossen seharfeekigen Cutieularplättehen, und unsehwer aueh die Fasersehiehte; Markzellen sind weder beim Liegen des Haares im Wasser, noeh naeh Vorbehandlung in Sehwefelsäure zu sehen. Nur in äusserst seltenen Fällen erkennt man in diesem Haar kleine Inseln von Markzellen.

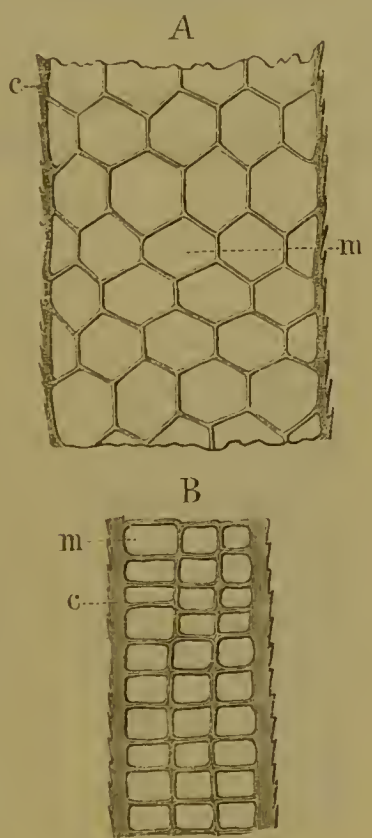
Das weisse Alpaeohaar (Fig. 93 *B*) zeigt stets Cutieula, Fasersehiehte und Mark. Das Mark erseheint graulieh, hat das Ansehen des Protoplasmasehleimes, es durehzieht nur selten in

geschlossenen Massen, meist nur in langen, schmalen Inseln das Innere des Haares.

Das Kuh- und Kalbshaar (Fig. 91) bietet vorzugsweise Markzellen zur Ansicht; nur ein schmaler Hohlcylinder von Fasern, von schmalen Cuticularplättchen überlagert, umschliesst das Mark. Letzteres erscheint im durchfallenden Licht schwarz, im auffallenden weiss. Seine Zellen sind unregelmässig, in die Quere gezogen, mit einer Unzahl kleiner Luftbläschen dicht gefüllt.

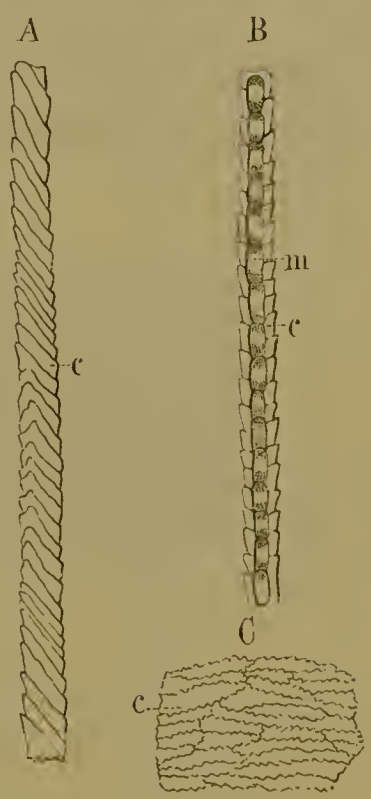
Die gröberen Hasenhaare und das Haar des Rehes (Fig. 94) zeigen noch weniger von der Cuticula und der Faserschichte als das Kuhhaar. Dafür ist das Mark in ausgezeichnetster Weise vertreten. Während die Markzellen der meisten Haare unregelmässige Formen haben, zeichnen sich die Formen dieser

Figur 94.



Vergr. 200. *A* Rehhaar, *B* grobes Hasenhaar, *c* Cuticula, *m* Mark.

Figur 95.



Vergr. 200. *A* Feines Hasenhaar, *B* feines Biberhaar, *C* ein Stück Cuticula der Schweinsborste, *c* Cuticula, *m* Mark.

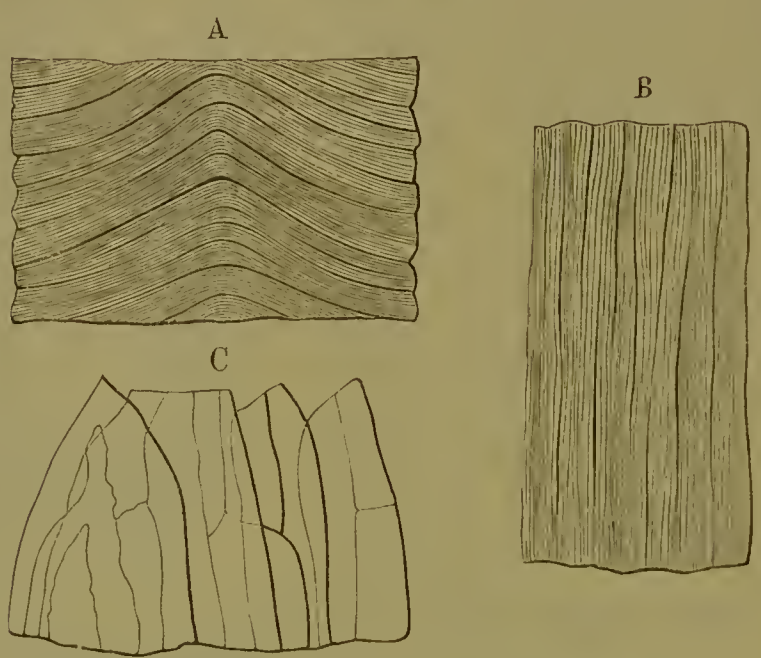
Zellen bei den genannten Haaren durch Regelmässigkeit aus. Die Markzellen des groben Hasenhaares sind vierseitig, die des Rehes (und der Hirsche) sechsseitig.

Die feinsten Haare des Hasens (Fig. 95 *A*) sind durch eine eigenthümliche Cuticula charakterisirt. Während bei den meisten anderen Haaren die sichtbaren Contouren der Cuticularplättchen horizontal liegen, laufen sie an diesem Haare hingegen in spiraliger, schräg aufsteigender Richtung und geben dadurch dem Haar ein schraubenförmiges Aussehen.

Die feinsten Haare des Bibers (Fig. 95 *B*) zeigen Cuticula, Mark und Fasern, letztere erst nach der Einwirkung von Kupferoxydammoniak. Charakteristisch sind an diesem Haare die Markzellen. Sie treten in einfacher Reihe auf, sind in die Länge gezogen, und blos dort, wo zwei Zellwände aneinander stossen, mit einem körnigen, bräunlichen Pigment, im Inneren aber mit Luft gefüllt. Die groben Stichelhaare vom Rücken des Bibers zeigen eine aus überaus schmalen zackig contourirten Plättchen zusammengesetzte Cuticula. Aehnlichen Bau besitzt die Cuticula der Schweinsborste (Fig. 95 *C*).

Horn. Das Horn des Hornviehs besitzt eine blätterige Structur. Es setzt sich aus überaus dünnen, knapp übereinander

Figur 96.



Vergr. 200. Durchschnitte durch das Horn des Rindes nach kurzer Einwirkung von Kalilauge. *A* Querschnitt, *B* radialer, *C* tangentialer Längenschnitt.

liegenden, schwach gewölbten Platten zusammen, welche der Oberfläche des Hornes nahezu parallel laufen. Zwischen den

Platten liegen schmale Züge von Markzellen in radialer Richtung. Gegen das Innere des Hornes zu treten diese Markzellen reichlicher auf, und lassen sich die Gruppen derselben daselbst oft (z. B. am Horn der Kuh) mit freiem Auge erkennen. Die Platten stimmen im Baue und im chemischen Charakter mit den Cuticularplättchen, die Markzellen mit den gleichnamigen Elementen der Haare überein.

Der Anordnung der Hornplatten zufolge hat der Tangentialschnitt des Hornes ein blätteriges, der Radial- und Querschnitt ein faseriges Gefüge.

Die Hornplatten sind nicht strenge tangential, sondern in wellenförmigen Zügen angeordnet (Fig. 96). Die Hauptrichtung der Wellenzüge läuft stets parallel der Oberfläche des Hornes.

Der Bau des Hornes tritt deutlich erst nach Anwendung von Säuren, Alkalien oder Kupferoxydammoniak hervor.

Grösse, Form und Lage der Hornplatten und Markzellen ist bei verschiedenen Hornarten sehr verschieden, bei jeder einzelnen aber ziemlich constant, so dass sich für die technisch verwendeten Sorten des Hornes mikroskopische Unterscheidungsmerkmale werden finden lassen.

II. Knorpelgewebe.

Dasselbe besteht aus derbwandigen runden Zellen, welche in eine faserige oder homogen erscheinende Grundsubstanz eingebettet sind. Letztere ist stets ein Umwandlungsproduct der äusseren Schichten der Zellmembran.

Das Knorpelgewebe besteht der Hauptmasse nach aus Chondrin.

III. Elastisches Gewebe und Bindegewebe.

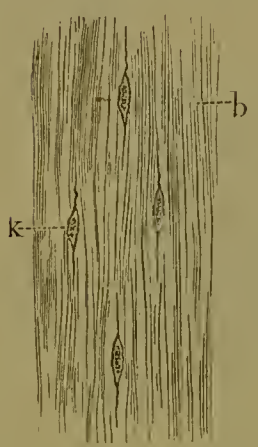
Diese beiden Gewebe haben eine gleiche Entwickelung und eine durchwegs faserige Beschaffenheit, weshalb man sie unter den gemeinsamen Begriff „faserige Bindesubstanz“ brachte. Die Fasern beider Gewebe entstehen direct aus den fadenförmigen

Enden länglicher, membranloser Zellen, welche letzteren allgemein als Bindesubstanzzellen bezeichnet werden, im Bindegewebe aber den besonderen Namen Bindegewebskörperchen führen.

Im elastischen Gewebe treten die Bindesubstanzzellen nur sehr frühzeitig auf, die aus ihnen hervorgegangenen Fasern wachsen dann geraume Zeit hindurch selbstständig weiter, hingegen kommen die Bindegewebskörperchen in jedem noch lebenden Bindegewebe vor. Liegt das betreffende Gewebe in Luft oder Wasser, so erkennt man darin nichts von den Bindegewebskörperchen; auf Zusatz von Essigsäure treten dieselben sofort in Erscheinung.

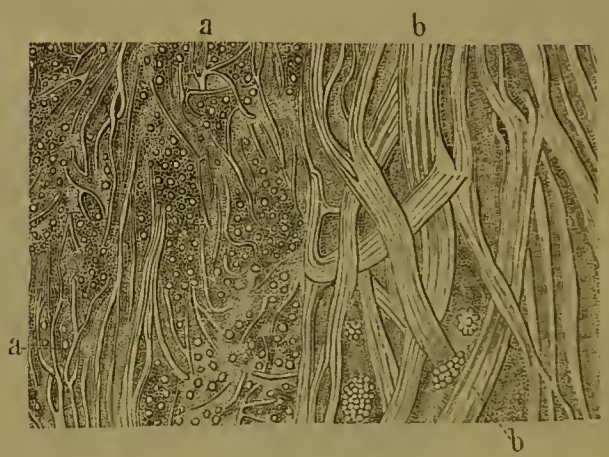
Das **elastische Gewebe** constituirt vornehmlich die elastischen Bänder des Rückgraththierkörpers, besteht aus soliden, meist runden, seltener platten, verzweigten Fasern von höchst verschiedener Dicke (von unmessbarer Feinheit bis 0·016^{mm}). Vereinzelte elastische Fasern oder zu Netzen verbundene Fasern finden sich nicht selten im Bindegewebe vor.

Figur 97.



Vergr. 300. Bindegewebe aus der Sehne eines Rindes nach Einwirkung von sehr verdünnter Essigsäure, *b* Bindegewebsfibrillen, *k* Bindegewebskörperchen mit Zellkernen.

Figur 98.



Vergr. 300. Durchschnitt durch käufliches, rohes Kuhleder, an der Grenze zwischen der dichten (äusseren) und lockeren (inneren) Schichte ausgeführt. *a* Bindegewebsfasern der dichten, *b* Bindegewebsbündel der lockeren Schichte. (Nach Rollett).

Die Substanz des elastischen Gewebes ist in chemischer Beziehung noch nicht genau gekannt; sie bildet keinen Leim und widersteht lange der Einwirkung der Essigsäure und des Kupferoxydammoniaks.

Das **Bindegewebe** setzt die Sehnen, Muskelbinden, das Bauchfell, die Lederhaut u. s. w. zusammen. Ohne weitere Präparation erscheint es allerdings manchmal schon faserig, häufig jedoch homogen oder blos streifig. Durch Anwendung der Nadeln, ebenso durch die Einwirkung mancher Reagentien, besonders von Kalk- oder Barytwasser [1]), zerfällt es jedoch stets in feine Fasern, Bindegewebsfasern genannt. Diese verflechten sich entweder einzelnweise oder zu Bündeln (Bindegewebsbündeln) vereinigt, zum Bindegewebe. In den Sehnen treten stets nur Bindegewebsbündel, an der Oberseite (Haarseite) der Lederhaut einzelnweise verflochtene Bindegewebsfasern auf (Fig. 98). In den Bindegewebsbündeln sind die Fasern durch eine Zwischensubstanz zu einem homogen erscheinenden Ganzen verbunden, welche durch Säuren und Alkalien in Lösung geht. Diese greifen jedoch alsbald die Substanz der Fasern selbst an, weswegen die Verwendung von Kalk- oder Barytwasser, welche die Zwischensubstanz lösen, ohne die Faser merklich anzugreifen, behufs Zerlegung des Bindegewebes in seine Formelemente vorzuziehen ist.

Figur 99.

Vergr. 300. Elastische Fasern aus dem Bauchfelle des Kalbes. Ersichtlich gemacht durch Kalilauge.

Das Bindegewebe ist häufig von vereinzelten oder zu Netzen vereinigten elastischen Fasern durchzogen, wodurch es nicht selten ein specifisches Gepräge bekömmt; durch Anwendung von Kupferoxydammoniak oder Kalilauge, welche die Bindegewebsfasern weitaus früher als die elastischen Fasern lösen, kann man

[1]) Die Faserigkeit des Bindegewebes wurde lange Zeit hindurch bestritten; man behauptete, dass die durch die Nadeln erzeugten Fasern, blosse Kunstproducte seien. Es ist Henle's, W. Müller's, vorzugsweise aber Rollett's Verdienst, die faserige Structur des Bindegewebes bewiesen zu haben; letzterer hat das Kalk- und Barytwasser zur Zerlegung des Gewebes in die Histologie eingeführt. (A. Rollett. Untersuchungen über die Structur des Bindegewebes. Sitzungsb. der Wiener Akad. Bd. XXX.)

die Anwesenheit der letzteren im Bindegewebe leicht darlegen. Sehr charakteristisch ist in dieser Beziehung das Bauchfell (Peritonaeum) der Thiere; seine bindegewebige Grundmasse ist von zahlreichen zarten elastischen Fasernetzen (Fig. 99) durchzogen und liegt mit langen Faserzellen am Darme auf, so dass man dieses Gewebe mit Leichtigkeit von anderen durch das Mikroskop unterscheiden kann. Auf diese Weise gelang es zu zeigen, dass die Goldfäden der mittelalterlichen Bildstickereien dünne vergoldete Streifen von Peritonäum des Schlachtviehes sind [1]).

In chemischer Beziehung bestehen die Bindegewebskörperchen als Protoplasmamassen aus Eiweisssubstanzen; die in den Bindegewebsbündeln auftretende Zwischensubstanz ist ein in Kalkwasser löslicher Eiweisskörper [2]), welcher sich aus der Lösung durch Säuren abscheiden lässt, die Bindegewebsfibrillen bestehen aus leimgebender Substanz.

IV. Knochengewebe und Zahnbein.

Die Knochen und Zähne der Rückgraththiere, ferner die Geweihe der Hirsche bestehen aus einem dem Bindegewebe nahe verwandten Gewebe.

---

[1]) E. Brücke: Die Goldfäden der mittelalterlichen Broeatweber und Bildstieker: Oesterr. Wochenschrift für Kunst und Wissenschaft. Wien 1865. p. 530 ffd. Nach Boek (Lithurgische Gewänder des Mittelalters, Bonn 1859) sind die Fäden aus den saracenischen Goldstoffen des dreizehnten Jahrhunderts, platte, auf einer Seite vergoldete Streifen. Boek veranlasste mehrere chemische Untersuchungen der Streifen, welche jedoch ohne Resultat blieben. Man vermuthete, dass die Streifen dem Pflanzenreiche entnommen wurden. Brücke zeigte jedoch auf mikroskopischem Wege, dass die Streifen aus dem Bauchfelle des Schlachtviehes geschnitten wurden. Das Bindemittel durch welches das Goldblatt auf den Streifen befestigt wurde, liess sich nicht mehr ermitteln, doch fand Brücke, dass es ein in Wasser löslicher Körper war, indem durch Einlegen der Goldstreifen in's Wasser, das Goldblatt sich vom Streifen ablöste. Die ältesten derartigen Goldfäden stammen aus dem eilften Jahrhundert. Die letzten wurden im sechzehnten Jahrhundert von den niederrheinischen Broeatwebern und Bildstickern verfertigt. Unter den orientalischen und byzantinischen Goldfäden, welche Brücke untersuchte, fanden sich auch solche, deren Grundlage aus überaus dünngeschnittenen Lederriemchen bestand. Die Lederstreifen unterscheiden sich jedoch von den Bauchfellstreifen schon makroskopisch dadurch, dass erstere undurchsichtig, letztere durchsichtig sind.

[1]) Rollett l. c.

Wie man am fertigen Bindegewebe zweierlei histologische Elemente, Bindegewebsfasern und Bindegewebskörperchen unterscheidet, so lassen sich auch an jedem **Knochen** ausser einer Grundsubstanz noch zahlreiche kleine Zellen, Knochenkörperchen genannt, erkennen.

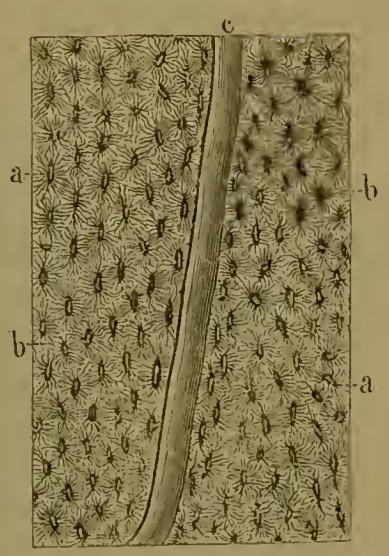
Grundsubstanz und Knochenkörperchen stehen in demselben entwicklungsgeschichtlichen Zusammenhange wie Bindegewebsfasern und Bindegewebskörperchen. Die Grundsubstanz ist nämlich das erstarrte und verknöcherte Umwandlungsproduct der sich stets im protoplasmatischen Zustande befindenden Knochenkörperchen.

In erstorbenen Knochen, wie solche z. B. in sämmtlichen Beinwaaren vorliegen, kommen keine Knochenkörperchen mehr vor; wohl lassen sich aber darin jene Hohlräume in der Grundsubstanz, in denen die Knochenkörperchen lagen, mit Leichtigkeit mikroskopisch erkennen. Man nennt sie Knochenhöhlen.

Figur 100.

Vergr. 250. Querschliff durch einen Röhrenknochen des Rindes. *a* Knochenkörperchen, *b* Grundsubstanz, *c* Haversische Kanäle.

Figur 101.



Vergr. 150. Längenschliff durch einen Röhrenknochen des Rindes. *a*, *b*, *c* wie in Fig. 100.

In erstorbenen Knochen sind sie stets mit Luft erfüllt und erscheinen dann im mikroskopischen Bilde schwarz [1]).

Die Grundsubstanz ist stets parallel der Oberfläche des Knochens geschichtet, was sich am besten auf Querschnitten erkennen lässt. Ihre feinere Structur ist noch nicht genügend auf-

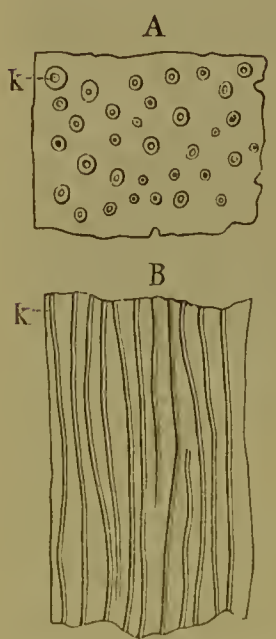
[1]) Zur mikroskopischen Präparation bediene man sich der früher (p. 42) angegebenen Schleifmethode. Bei rascher zu erledigenden Fragen, schneide man die Knochen mit einem derbklingigen Messer, wobei man allerdings nur kleine und dicke Schnitte bekömmt; durch Behandlung solcher Schnitte mit verdünnter Salzsäure erlangt das Bild indess meist die nöthige Klarheit.

geklärt. Sie erscheint manchmal feinkörnig, manchmal feinfaserig. Die Knochenhöhlen (man nennt sie manchmal auch so wie die im Leben des Knochens in ihnen wohnenden Zellen „Knochenkörperchen“) sind kleine, der Längenaxe des Knochens parallel stehende, spitz endigende, mit überaus feinen Verzweigungen (Knochenkanälchen) in die Grundmasse hineinragende Hohlräumchen. Ihre Länge beträgt 0·013—0·029^{mm}, ihre Breite 0·006 bis 0·015^{mm}, ihre Dicke 0·005—0·009^{mm}.

Die Zellen des Knochengewebes bestehen aus Eiweisskörper, die Grundsubstanz aus Bindegewebssubstanz, welche noch mit kohlensaurem und phosphorsaurem Kalk imprägnirt ist. Durch Salzsäure kann man die beiden letztgenannten ausziehen, die Bindegewebssubstanz bleibt zurück.

Die Knochenmasse ist stets von zahlreichen verzweigten Röhren durchzogen, welche im lebenden Knochen zur Aufnahme von Gefässen dienen. Es sind dies die Haversischen Kanäle. Sie verlaufen meist parallel der Längsaxe des Knochens. An gröberen Beinwaaren erkennt man diese Kanäle schon mit freiem Auge, an feineren Waaren meist erst mit der Loupe. Bessere, feinpolirte Beinwaaren, nicht selten als Elfenbein ausgegeben, lassen selbst bei der Untersuchung mit der Loupe die Kanälchen nicht erkennen. Das Mikroskop entscheidet hier sehr rasch und sicher.

Figur 102.



Vergr. 400. Elfenbeinschliffe. *A* Querschliff, *B* Längenschliff, *k* Zahnkanälchen.

Das **Zahnbein** ist nur eine Varietät des Knochengewebes. Es bildet die Haupt- und Innenmasse des Zahnes, der an seiner freien Oberfläche mit einem harten Oberhäutchen — Schmelz — an seiner im Kiefer sitzenden Aussenseite mit Knochensubstanz — Cement oder Zahnkitt — überkleidet ist. Das Zahnbein (oder Elfenbein) jedes Zahnes besteht aus einer entweder homogen erscheinenden oder überaus feinkörnigen oder zartstreifigen Grundsubstanz und langen, dünnen Zahnkanälchen, die mit den Knochenkörperchen in Entwicklung, Function und Bau übereinstimmen, nur

weitaus langstreckiger als diese sind. Der Querdurchmesser der Zahnkanälchen beträgt 0·0009 — 0·0032^{mm}, ihre Länge ist im Vergleiche zum Querschnitt riesig, indem, wenigstens den bis jetzt angestellten Beobachtungen zufolge, die Zahnkanälchen das Zahnbein seiner ganzen Länge nach durchsetzen.

Haversische Kanäle fehlen dem gesunden Zahne stets.

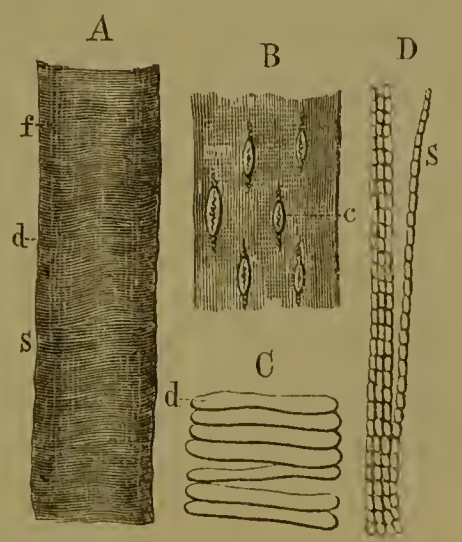
Die Grundsubstanz des Zahnbeins stimmt in stofflicher Beziehung, wenigstens qualitativ, mit der Knochensubstanz zusammen.

Das Elfenbein der Stosszähne des Elephanten ist histologisch genommen Zahnbein. Der Querdurchmesser der Zahnkanälchen des Elfenbeins beträgt 0·0009^{mm} [1]).

V. Muskelgewebe.

Das Muskelgewebe setzt sich aus im Leben zusammenziehungsfähigen Elementen, aus Muskelfasern zusammen, von welchen man zwei Arten: glatte und quergestreifte, unterscheidet.

Figur 103.



A—C Verg. 300. *A*, *B* Theile quergestreifter Muskelfasern des Rindes, *A* unverändert, *B* auf Zusatz von verdünnter Essigsäure, *s* Sarcolemma, *d* discs., *f* Fibrillen, *c* Muskelkörperchen, *C* Discs. des Sarcolemma's entkleidet, durch sehr verdünnte Salzsäure hervorgerufen. *D* Vergr. 600, Fibrillen, *s* sarcous elements.

Erstere finden sich am Darme und überhaupt an den meisten unwillkürlichen Muskeln, das Herz und einige andere Muskeln ausgeschlossen; dieses und das „Fleisch" sämmtlicher willkürlicher Muskeln ist aus den letzteren zusammengesetzt.

Die glatten Muskelfasern sind einfache kernführende, langgestreckte Zellen (0·04 bis 0·10^{mm} lang, 0·004—0·007^{mm} breit).

Die quergestreiften Muskelfasern sind Bündel von Elementarorganen, welche von einer gemeinsamen sackartigen Hülle, Sarcolemma, umschlossen sind, innerhalb welchem gegliederte Fäden, Fibrillen, liegen, welche eine den

[1]) Für die Präparation des Elfenbeines gilt das für die Knochen Gesagte.

Bindegewebsfasern ähnliche Entwicklung zeigen, indem sie aus kleinen protoplasmatischen Zellen, den Muskelkörperchen, hervorgehen. So wie die Bindegewebskörperchen treten auch die Muskelkörperchen erst auf Zusatz von Essigsäure (oder verdünnter Salzsäure) hervor (Fig. 103 *B c*). Sie sind in Grösse und Gestalt den Bindegewebskörperchen ähnlich, nur weniger in die Länge gezogen als diese.

Der Querdurchmesser der quergestreiften Muskelfasern beträgt 0·01—0·07^{mm}; ihre Länge ist im Vergleiche zum Querschnitt stets gross, oft makroskopisch.

Durch Einwirkung mancher Reagentien (Essigsäure oder Salzsäure) setzen sich die die Fibrillen zusammensetzenden Glieder (Bowman's sarcous elements) zu Scheiben (B's discs.) zusammen, welche auf der Axe der Muskelfaser senkrecht stehen und derselben ein quergestreiftes Aussehen geben. Alle sogenannten quergestreiften Muskelfasern zeigen, aus dem Fleische herausgeschnitten, theils Fibrillen, theils Scheiben, und zwar die einen und die anderen an ganz unbestimmten Orten der Faser. Durch längeres Liegen der Muskelfasern in Alkohol treten die Fibrillen, in Essigsäure die Scheiben deutlich hervor.

Glatte und quergestreifte Muskelfasern bestehen der Hauptmasse nach aus Muskelfibrin (Syntonin). Die Muskelkörperchen stimmen chemisch mit den Eiweisskörpern zusammen. Die Substanz des Sarcolemma ist nicht näher bekannt, sie verhält sich Säuren und Alkalien gegenüber auffallend resistent. Die Farbe der quergestreiften Muskelfaser rührt von Haemaetoglobulin her, demselben Körper, der auch die Färbung der Blutkörperchen bedingt.

Es wäre von hohem praktischen Interesse, die quergestreiften Muskelfasern der verschiedenen verkäuflichen Fleischsorten von einander unterscheiden zu können. Die Uebereinstimmung im Baue dieser Gebilde und der Umstand, dass feinere Eigenthümlichkeiten im Aussehen, wie z. B. Hervortreten der Scheiben oder Fibrillen, Dimensionen derselben, Färbung, directes Hervortreten der Muskelkörperchen, mehr vom Zustand des Fleisches, von der Todesart des Thieres und von der Art des Muskels als von der Art des Thieres abhängen, macht die Unterscheidung so schwierig, dass sie wohl nur von sehr geübten Mikroskopikern vorgenommen werden kann.

Anhang.

1.

Haut. Die „Haut“ oder „äussere Haut“ der Säugethiere ist ein Organ von ziemlich complicirtem Baue. Man findet in ihr Oberhaut- und Bindegewebe, elastische Fasern, Fettzellen, (glatte) Muskelfaser, Nerven, Blutgefässe, Schweissdrüsen, endlich die Bälge und Wurzeln der Haare.

Durchschneidet man die Haut durch einen senkrecht auf ihre Oberfläche, sonst aber beliebig geführten Schnitt, so überblickt man der Reihe nach folgende Schichten:

1. Oberhaut { Hornschichte, Schleimschichte,
2. Lederhaut (Cutis) { eigentliche Lederhaut (Corium), Unterhautzellgewebe.

Die Hornschichte und die Schleimschichte bestehen, wie schon oben angeführt, aus Oberhautgewebe, die Cutis vorzugsweise aus Bindegewebe. Glatte Muskelfasern [1]) und elastische Fasern kommen im Corium vor; erstere sind nicht ohne Schwierigkeit aufzufinden. Fettzellen und Schweissdrüsen liegen im Unterhautzellgewebe. Nerven und Blutgefässe kommen in der ganzen Cutis, vorzugsweise aber im Corium vor. Die Haarwurzeln liegen, obwohl die Haare aus den Zellen der Schleimschichte hervorgehen, stets in der Lederhaut und sind hier von den Haarbälgen (bindegewebige Häute) umschlossen. Die Haarwurzeln liegen verschieden tief in der Cutis; Wollhaare in den oberen, derbere Haare in den tieferen Lagen derselben.

Von allen Theilen der äusseren Haut hat für unsere Zwecke blos das Corium oder die eigentliche Lederhaut — wir werden sie hier kurzweg als Lederhaut ansprechen — Interesse. Ihre Abtrennung von der Oberhaut einerseits und andererseits von dem Unterhautzellgewebe geschieht durch Lösungen von Alkalien oder von alkalischen Erden, im Kleinen sowohl wie im Grossen, am besten durch Kalkwasser.

---

[1]) Kölliker. Handbuch der Gewebelehre p. 111.

In der Gerberei wendet man das Kalkwasser nicht nur zur Freilegung der Lederhaut an; man lässt den Kalk länger als zur Enthaarung nothwendig ist einwirken, indem man seit längerer Zeit weiss, dass durch ein solches Verfahren dauerhafteres, geschmeidigeres Leder gewonnen wird. Durch das Kalkwasser wird nämlich aus den Bindegewebsbündeln jene aus Eiweisskörpern bestehende Zwischensubstanz, welche die Bindegewebsfasern miteinander verbindet und deren Anwesenheit im Leder dessen Dauerhaftigkeit und Geschmeidigkeit beeinträchtigt, herausgeführt [1]). In einem gut gegerbten Leder werden wir deshalb die Bindegewebsbündel nicht homogen, sondern faserig finden.

Durch den Process der Lohgerberei werden die histologischen Verhältnisse der Haut nicht weiter gestört; es werden im Gegentheile die optischen Verhältnisse der constituirenden histologischen Elemente in einer der Beobachtung so günstigen Weise abgeändert, dass geradezu die gegerbte Haut sich zum Studium der Haut ganz besonders eignet [2]). Nach neueren Beobachtungen besteht selbst die Lederhaut (Corium) der meisten, vorzugsweise der grösseren Säugethiere, aus zwei Schichten, die allerdings nicht durch einen scharfen Contour von einander getrennt sind, aber dennoch ziemlich deutlich hervortreten. Von den beiden Schichten besteht die äussere aus durcheinander geflochtenen Fasern, die innere aus durchflochtenen Faserbündeln; wir wollen deshalb die äussere „Fasersehichte“, die innere „Bündelschichte“ nennen.

Die Faserschichte erscheint im Mikroskope stets dunkler als die Bündelschichte. Es lässt sich dies leicht auf optische Weise durch den öfteren Wechsel verschieden lichtbrechender Substanzen erklären. Dem freien Auge erscheint an der durch-

---

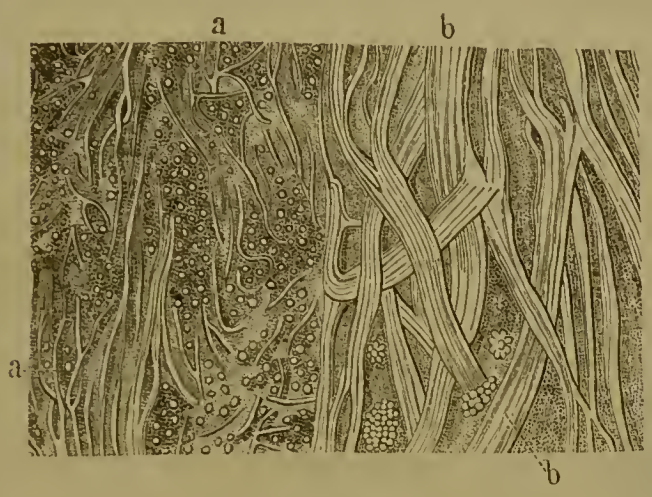
[1]) Den vollen Werth des Kalkens in der Gerberei hat schon Hermbstaedt (Chemisch-technologische Grundsätze der gesammten Ledergerberei. Berlin 1807, II. Bd. p. 210) erfasst. Er hatte aber eine unrichtige Vorstellung von der Einwirkung des Kalkes auf das leimgebende Gewebe, indem er glaubte, dass der Kalk das Fett der Lederhaut zerstöre und dass es zur Bildung einer Kalkseife käme. Rollett (Unters. über das Bindegewebe l. c.) hat den wahren im Texte angeführten Sachverhalt aufgeklärt.

[2]) Hierauf hat Rollett in der zuletzt citirten Abhandlung zuerst hingewiesen.

sehnittenen frischen oder gegerbten Haut die erstere stets homogener und glänzender als die letztere.

Die Faserschichte ist (immer?) sehmäler als die Bündelschichte. Im Rindsleder misst die Faserschichte den fünften Theil der gesammten Dicke.

Figur 104.



Vergr. 300. Durchschnitt durch käufliches, rohes Kuhleder, an der Grenze zwischen der dichten (äusseren) und lockeren (inneren) Schichte ausgeführt. *a* Bindegewebsfasern der dichten. *b* Bindegewebsbündel der lockeren Schichte. (Nach Rollett.)

Figur 105.

Vergr. 300. Fasern aus der äusseren (dichten) Schichte des Kalbleders.

Die Faserschichte ist stets diehter und fester als die Bündelschichte.

Beim Processe des Gerbens wird die Faserschichte weit später als die Bündelschiehte in Leder verwandelt.

Das Corium mancher Säugethiere (Kaninchen, Meerschweinchen) besteht blos aus der Faserschichte [1]).

Das Sämischleder zeigt nicht die mikroskopischen Eigenthümlichkeiten des lohgaren Leders. Die Bindegewebsbündel und ebenso die Fasern sind auffallend stark aufgequollen; an den ersteren ist von der faserigen Struetur nichts zu erkennen.

2.

Seide. Der Seidenfaden ist kein histologisches Element des Thierkörpers, sondern das erstarrte Secret zweier sehlauchförmi-

[1]) Die hier angeführten Beobachtungen über die beiden Schichten des Coriums wurden zuerst von Rollett gemacht, und in der mehrfach genannten Abhandlung zuerst publicirt.

ger Drüsen der Seidenraupe (Bombyx mori), welches in continuirlichem Zuge von diesem Thiere ausgeschieden, zum Baue der Cocons verwendet wird. Aus den beiden Spinndrüsen der Raupe treten stets gleichzeitig zwei Fäden heraus, die fest aneinander gekittet sind. Der Faden des Coeons ist deshalb ein Doppelfaden (Fig. 106 *A a*, *B*). Erst durch das Entschälen oder Degummiren wird die Kittsubstanz in Lösung gebracht. Degummirte Seide besteht aus einzelnen Fäden.

Der isolirte Seidenfaden ist stets solid und homogen. Manchmal zeigt er zarte, der Axe des Fadens parallele Zerklüftungen, eine Zerstörungsform, die besonders an lange in Gebrauch gestandenen Fäden deutlich hervortritt. Seine Form ist cylindrisch, die Querschnittsform weicht oft von der Kreisform ab. Der Contour des Fadens ist jedoch stets ein scharfliniger, was sich durch die Diffractionslinie zeigt, die bei senkrechter Beleuchtung und genauer Einstellung auf die Mitte stets deutlich hervortritt. Der Querschnitt misst 0·009—0·021^{mm}. Die Lichtbrechung des Seidenfadens ist keine auffallend grosse, indem er beim Liegen in Wasser und selbst in Luft keine breiten Schattensäume zeigt.

Figur 106.

Vergr. 300. *A* Seide des gemeinen Seidenspinners, *a* Doppelfaden der Floret-, *b* einfacher Faden der feinen, *c* einfacher Faden der Wattseide. *a*, *c* in Wasser, *b* in Luft liegend. *B* Doppelfaden der feinen Seide des Ailanthus-Seidenspinners.

In Säuren und Alkalien, vornehmlich in den letzteren, quillt der Seidenfaden auf. Concentrirte Schwefelsäure, desgleichen Aetzkalilösung oder Kupferoxydammoniak lösen ihn nach einiger Zeit auf. Durch verdünnte Chromsäure nimmt er, wie ich finde, eine feinfaserige Structur an, so dass er beinahe der Fig. 106 *B* gleicht.

Der Faden jedes Cocons bildet an diesem drei Schichten, aus welchen drei im Werthe sehr verschiedene Seidensorten dargestellt werden. Die äusserste liefert die Floretseide, die mittlere die feine Seide, die innerste die Wattseide.

Ich habe beobachtet, dass diese drei Seidensorten in Form und Grösse von einander abweichen.

Floret- und Wattseide sind in Form und Grösse des Querschnittes veränderlich. Erstere ändert ihre Querschnittsform innerhalb längerer, letztere innerhalb kürzerer Strecken, so dass nur an dieser stärkere Krümmungen des Contours vorkommen (Fig. 106 *a*, *c*). Der Querschnitt beider schwankt zwischen 0·009 und 0·014^{mm}.

Feine Seide ist dicker als Floret- und Wattseide, beinahe stets parallel contourirt und überaus constant in der Grösse des Querschnittes, welcher hier meist 0·018^{mm} beträgt und zwischen 0·016 und 0·021^{mm} schwankt.

Durch Zerreissung des Seidenfadens entstehen Bruchflächen, die ziemlich senkrecht auf der Axe des Fadens stehen. Meist setzt sich die Bruchfläche aus zwei oder mehreren treppenförmig übereinander stehenden Flächenstücken zusammen.

Die Seide des Ailanthusspinner (Bombyx Cynthia), dessen Acclimatisation in Südeuropa und selbst in Deutschland immer bessere Fortschritte macht, lässt sich mikroskopisch sehr leicht von der echten Seide unterscheiden (Fig. 106 *B*).

Aeussere, mittlere und innere Fäden des Cocons schwanken in der Grösse des Querschnittes zwischen 0·011—0·025^{mm}. Ja selbst an einer und derselben Stelle des Doppelfadens haben dessen Theilfäden oft verschiedene Querschnitte.

Die Ueberkleidung des Doppelfadens besteht in einer körnigen Haut. Der Faden selbst zeigt stets eine zarte parallele Faserung. Durch Zerreissung entstehen büschelige Faserenden.

ACHTER ABSCHNITT.

Die mikroskopische Untersuchung unorganisirter Substanzen.

Die mikroskopisehe Untersuchung unorganisirter, entweder organiseher oder unorganischer Substanzen, hat, wie sehon früher erwähnt, nur eine untergeordnete Bedeutung. Man hat ihr bis jetzt, selbst wissensehaftlieherseits, nur wenig Aufmerksamkeit gesehenkt. Dennoeh gibt es eine Reihe theoretiseher und praktiseher, auf die Erkennung der Eigensehaften unorganisirter Körper abzielende Fragen, die entweder blos dureh das Mikroskop entschieden werden können, oder deren Lösung durch dieses Instrument besser oder leichter als auf anderem Wege gelingt. Die wiehtigeren von den hierher gehörigen Untersuchungen sind: Messungen von Körpern, die naeh einer oder nach zwei Dimensionen mikroskopiseh sind, ferner optische, krystallographische und ehemisehe Bestimmungen.

Mikroskopische Messung. Die Dimensionen von Körpern, deren Querschnitt nach einer oder naeh zwei Riehtungen hin mikroskopisch ist, lassen sich nach den gewöhnliehen Methoden der Messung nicht ermitteln. Solche Körper sind beispielsweise Papier, Glasplatten, feine Drähte u. dgl. Zur Ermittelung der Dieke der beiden ersteren benützt man das Sphärometer und den Fühlhebel; bei Messung der Drahtdieke aber wickelt man den zu prüfenden Draht um einen glatten Cylinder mehrmals herum, und bestimmt aus der Zahl und Gesammthöhe der knapp nebeneinander liegenden Drahtwindungen die zu suehende Grösse. In allen diesen Fällen kömmt man mit dem Mikroskope,

wenn demselben ein gutes Oeularmikrometer beigegeben ist, rascher zum Ziele, und stehen die gewonnenen Resultate, wenn man nur mit Sorgfalt zu Werke geht, den nach den übrigen Methoden erhaltenen an Genauigkeit nicht nach. Die Wahl der Vergrösserung hängt selbstverständlich von der Art der Objecte ab. Drähte legt man der Länge nach auf die Objectplatte auf, nachdem man sie möglichst gerade gestreckt hat, stellt hierauf auf den äussersten Contour ein, sieht nach, wie viel Theilstriche des Mikrometers innerhalb des Contours zu liegen kommen und multiplicirt diese Zahl mit der für den Theilstrich ermittelten Constanten (s. p. 28). Papier, Glasplättchen u. dgl. stellt man behufs Messung ihrer Dicke mit den Flächen möglichst senkrecht auf eine Objectplatte und befestigt sie an derselben mit Wachs. Man sieht dann im Mikroskope den Querschnitt dieser Körper. Ueberblickt man bei dieser Stellung beide Contouren des Querschnittes gleichzeitig, dann steht letzterer auf den Seitenflächen genau senkrecht, und kann man dann sofort die Messung mit dem Oeularmikrometer ausführen. Ueberblickt man hingegen nicht gleichzeitig beide Contouren des Querschnittes, so steht derselbe auf den Seitenrändern schief und muss man dann auf geeignete Weise genau senkrechte Querschnitte zu erhalten suchen, was beim Papier mit einem gut geschliffenen Rasiermesser, welches ohnehin dem Mikroskopiker stets zur Hand sein muss, beim Glas mit dem Diamanten oder durch einfaches Abbrechen mit der Hand leicht gelingt.

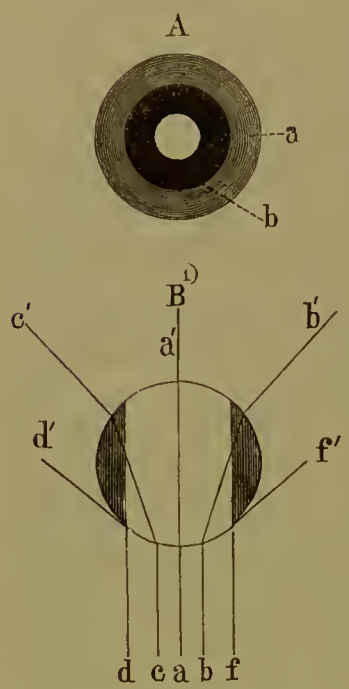
Bestimmung von Brechungsexponenten durch das Mikroskop. Bei der Untersuchung der ätherischen Oele, welche dem analytischen Chemiker oft nur in sehr geringen Quantitäten zur Disposition gestellt werden können, und die zudem keine charakteristischen chemischen Reactionen zeigen, dürfte die Bestimmung ihres Lichtbrechungsvermögens oft gute Dienste leisten. Es sind nämlich einerseits bereits gute Methoden zur Bestimmung dieser Constanten für Flüssigkeiten durch das Mikroskop vorhanden, und andererseits differiren die Brechungsexponenten der ätherischen Oele oft um ein so Bedeutendes (Weinöl = 1·379; Cajeputöl = 1·478; Cassiaöl = 1·603), dass eine sorgsame Ermittelung der betreffenden Zahlen entweder schon direct auf die Art eines vorliegenden

ätherischen Oeles führt, oder doch wenigstens Anhaltspunkte zur Erkennung desselben darbietet.

Die einfachste von den bis jetzt bekannt gewordenen Methoden zur mikroskopischen Bestimmung des Brechungsvermögens einer Flüssigkeit ist die von Harting[1]) angegebene. Man reicht mit ein paar Flüssigkeitstropfen aus, und kann man ohne viel Mühe und ohne besonderen Nebenapparat sein Mikroskop hierfür herrichten.

Man erzeugt auf einer dünnen Objectplatte (von der Dicke eines Deckgläschens) in der zu untersuchenden Flüssigkeit, die man mit einem dünnen Papierring begrenzt und mit einem möglichst dünnen Deckplättchen deckt, durch mehrmaliges Abgeben des letzteren mittelst einer Nadel kleine Luftbläschen. Dieselben sind in Folge totaler Reflexion des Lichtes von dunklen, scharf begrenzten Säumen umgeben, so dass man sie mit Genauigkeit messen kann. Führt man diese Luftbläschen durch das Gesichtsfeld, so wird man alsbald bemerken, dass die meisten derselben als Zerstreuungslinsen wirken, indem sie scharfe Bilder von unterliegenden Gegenständen (Blendlöcher des Diaphragma, Spiegel, Mikroskopgestell) geben; es werden dies jene Luftbläschen sein, die eine sphärische Krümmung besitzen. Die Grösse der genannten Bilder hängt ab:

Figur 107.



A Mikroskopisches Bild eines Luftbläschens, *a* Ring durch totale Reflexion hervorgerufen, *b* Bild eines Blendloches. *B* verticaler Durchschnitt durch *A*.

1. von der Grösse des wirksamen Luftbläschens,
2. von der Grösse des Objectes,
3. von der Entfernung des letzteren vom Bläschen,
4. vom Brechungsexponenten der Flüssigkeit.

Sind die ersten drei Grössen und die Grösse des Bildes bekannt, so lässt sich hieraus der Brechungsexponent (n) durch eine einfache Rechnung finden. Bezeichnet a die Entfernung

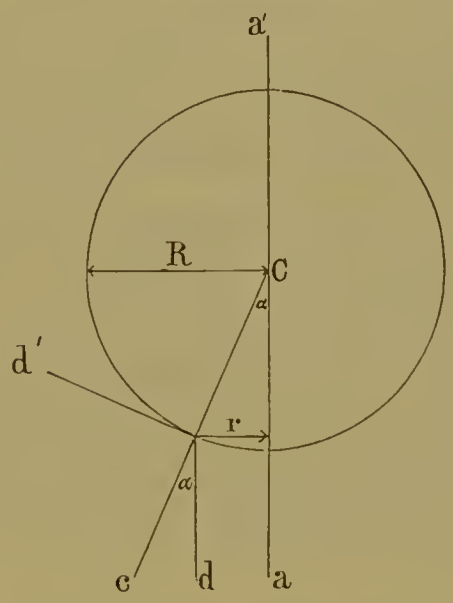
[1]) Das Mikroskop p. 434.

zwischen dem bilderzeugenden Objecte und dem Luftbläschen, b den Durchmesser des Objectes, c den Durchmesser des Bildes, d den Durchmesser des Luftbläschens, so ist

$$n = \frac{1}{2} + \sqrt{\frac{1}{4} + \frac{b\,d}{4\,a\,c}}$$

Diese Formel gibt nur dann richtige Resultate, wenn sowohl die Dicke des Deckgläschens, als die der Objectplatte die Grösse von $0{\cdot}2^{mm}$ nicht überschreiten, wenn ferner b nicht mehr als $^1/_5$ von a beträgt, endlich wenn die Messung im auffallenden Lichte vorgenommen wurde. Da eine Gasabsorption innerhalb jeder Flüssigkeit stattfindet, mithin während der Dauer der Beobachtung die Luftbläschen sich verkleinern, so ist es nothwendig, c und d mehrmals zu messen und die mittleren Werthe in die Formel einzuführen. Als Object benütze ich einen unterhalb des Tisches an einem Diaphragmenloche befestigten weissgefärbten Metallstreifen, dessen Breite ich mit Genauigkeit gemessen habe, und dessen Entfernung vom Luftbläschen ich ein für allemal genau bestimmte.

Figur 108.



Handelt es sich bei mikroskopischen Untersuchungen blos um genaue Angabe der zweiten Dezimale des Brechungsexponenten, so wende man folgende rasch zum Ziele führende Methode an. Man messe die Breite des Ringes der totalen Reflexion eines Luftbläschens, welches scharfe Bilder unterliegender Gegenstände gibt. Die Breite dieses Ringes hängt von dem Brechungsexponenten der Flüssigkeit, in welcher das Bläschen schwebt, ab, und zwar ist theoretisch der Quotient aus dem grossen und kleinen Halbmesser des Ringes schon der Ausdruck für die Grösse des Brechungsexponenten. Denn bekanntlich ist dieser der Quotient aus dem Sinus des Einfalls- in den Sinus des Brechungswinkels. Ist nun in Fig. 108 d ein aus der Flüssigkeit

in das Luftbläschen unter dem Winkel α eintretender Strahl, der nicht mehr gebrochen, sondern bereits nach d' total reflectirt wird, so ist

$$n' = \frac{\sin \alpha}{\sin 90^0} = \frac{r}{R}$$

der Brechungsexponent von Flüssigkeit in Luft, mithin für Luft in Flüssigkeit

$$n = \frac{1}{n'} = \frac{R}{r}$$

Die Beobachtung wird der leichteren Durchführung der Messung wegen im durchfallenden Lichte gemacht. — Allerdings sind die nach dieser Methode erhaltenen Resultate stets mit Fehlern behaftet, die von der Dicke der Object- und Deckplatte, von Diffractionsverhältnissen, endlich davon abhängen, dass r durch den obern Theil der Luftblase betrachtet wird, mithin nicht in der wahren Grösse erscheint. Doch kann man diese Fehler dadurch leicht eliminiren, dass man nur mit bestimmten Object- und Deckgläsern arbeitet, mittelst welcher man die Grösse $\frac{R}{r}$ an Substanzen von genau bekannten Brechungsvermögen ermittelt und beide, die wahre und fehlerhafte, in eine Tabelle einträgt, die zur Richtigstellung der Beobachtungen dient.

Auch die Brechungsexponenten fester Körper, welche die Form parallelflächiger Lamellen haben (z. B. Glasplatten), lassen sich durch das Mikroskop leicht ermitteln. Bertin [1]) misst die Vergrösserung G eines Mikrometers, wenn dasselbe auf der zu untersuchenden Lamelle liegt; ferner die Vergrösserung γ und g, wenn es, von der Lamelle bedeckt, und nach Wegnahme derselben beobachtet wird, und erhält den Brechungsexponenten der Lamelle nach der Formel

$$n = \frac{\gamma}{g} \cdot \frac{g - G}{G - \gamma}.$$

Krystallographische Untersuchung. Die Kenntniss des Krystallsystemes führt nicht selten zur Erkennung einer zu untersuchenden Substanz entweder direct oder nach wenigen vorhergegangenen chemischen Reactionen. Das Polarisations-Mikroskop leistet hier gute Dienste. Jeder tessulare Krystall lässt das durch die Kreuzung der beiden Nicols dunkel gewordene

[1]) Ann. de Chimie et de Physique 1849, XXVI., p. 288.

Gesichtsfeld dunkel, in welcher Lage er auch immer auf der Objectplatte liegen mag. Tetragonale oder hexagonale Krystalle verhalten sich bei senkrechter Stellung (auf dem basischen Pinakoid stehend) im polarisirten Lichte wie tessulare Krystalle; in jeder anderen Lage auf der Objectplatte ruhend, erhellen und verdunkeln sie abwechselnd bei der Umdrehung des Analyseurs das Gesichtsfeld. Rhombische, monoklinische und triklinische Krystalle zeigen in jeder Stellung bei Umdrehung der Nicols das Verhalten der mit geneigter Hauptaxe aufgestellten tetragonalen oder hexagonalen Krystalle. Zwischen tetragonalen und hexagonalen Krystallen zu unterscheiden, kann wegen der Verschiedenheit der Grundformen und der Combinationscharaktere beider Systeme niemals schwer fallen. Schwieriger ist die Erkennung rhombischer, monoklinischer und triklinischer Krystalle. Hier muss man zur Messung seine Zuflucht nehmen, ebenso wenn es sich, bei bereits bekanntem Krystallsystem, um die Kenntniss der Axenverhältnisse oder der Kantenwinkel handelt.

Die Principien der krystallographischen Untersuchung voraussetzend, habe ich hier nur anzugeben, wie man am Mikroskope zu Werke zu gehen hat, um die für die Berechnung der Axen oder Kantenwinkel nöthigen Elemente zu finden.

Eine directe Messung der Kantenwinkel ist im Allgemeinen mittelst Mikroskop nicht ausführbar. Man muss Flächenwinkel messen und aus diesen die Kantenwinkel rechnen, wenn eben nicht, wie an den prismatischen Krystallen des tetragonalen, rhombischen und hexagonalen Systems der am basischen Pinakoid gemessene Flächenwinkel gleichzeitig die Kantengrösse des Prisma repräsentirt.

Die Messung der Flächenwinkel geschieht durch die Camera lucida oder den Sömmeringspiegel, auch wohl durch ein in gleiche Quadrate getheiltes Mikrometer [1]), endlich durch besonders construirte Goniometer [2]).

---

[1]) Siehe Fig. 6 *a*, p. 21.

[2]) Ich nehme auf die Goniometer hier keine Rücksicht, da dieselben wohl nur für feinere krystallographische Zwecke dienen, die dem Mikroskopiker in der Regel ferne liegen. Ueber Goniometer s. Harting l. c. p. 904.

In allen Fällen hat man darauf zu achten, dass der Krystall auf jener Fläche, die man messen will, ruht. Hat man dies erreicht, so projicire man entweder das Bild der Fläche durch die Camera lucida oder den Sömmeringspiegel auf eine Zeichenfläche, oder aber man messe den betreffenden Winkel der Fläche direct mittelst des Mikrometers. Im ersten Falle fixirt man mit Sorgfalt das Bild des Winkels auf der Zeichenfläche, und misst seine Grösse mittelst Transporteur; im zweiten Falle verschiebt man den Krystall so lange, bis der Scheitel des zu messenden Winkels in irgend einen Kreuzungspunkt des in Quadrate getheilten Mikrometers fällt, und einer der Schenkel mit einer der Mikrometerlinien, die vom Kreuzungspunkte ausgehen, coïncidirt. Durch Uebertragung des Schnittpunktes des zweiten Schenkels in ein genau gezeichnetes Quadratnetz lässt sich der Flächenwinkel construiren und dann messen. —

Die Kenntniss mikroskopischer Krystallformen hat für den Chemiker einen nicht zu unterschätzenden Werth, und dürfte selbst im Gange der gewöhnlichen qualitativen und quantitativen Analyse gute Dienste leisten.

In Fig. 109 folgen die mikroskopischen Bilder von Krystallen einiger Natronsalze, wie sie aus Auflösungen, die man zur Erzielung einer langsamen Verdampfung mit einem Deckglas bedeckte, herauskrystallisiren [1]).

Mikrochemische Untersuchung. Von den Vortheilen dieser Untersuchungsart hat bis jetzt beinahe nur die Histologie Gebrauch gemacht. Auf anderen wissenschaftlichen Gebieten (z. B. in der analytischen Chemie, Mineralogie, Geognosie u. s. w.), ebenso in technischen Fächern, hat sie noch äusserst wenig Eingang gefunden, obgleich sich schon jetzt mit Bestimmtheit sagen lässt, dass eine zweckmässige Anwendung derselben viel Nutzen bringen wird.

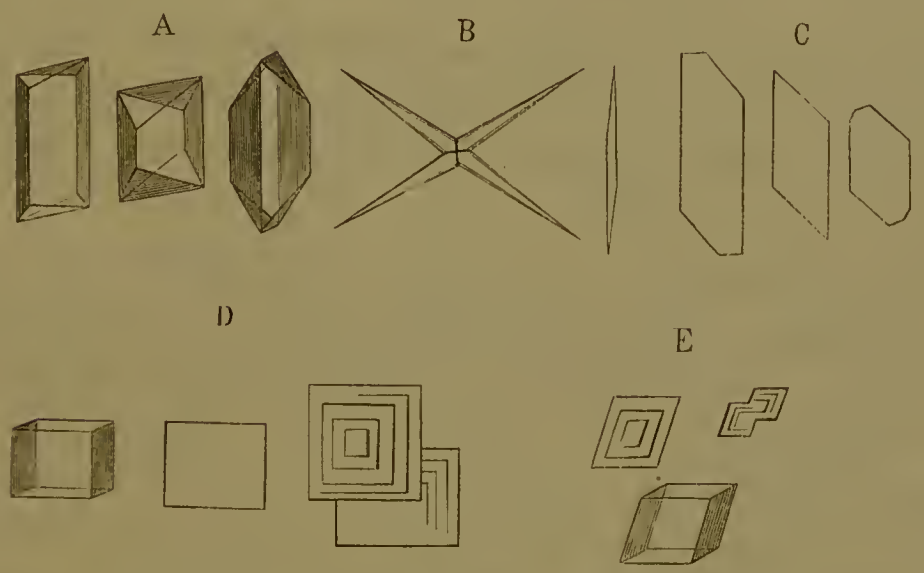
---

[1]) Bei langsamer Verdampfung sieht man unter Mikroskop aus den meisten Salzlösungen einzelne Krystalle, Zwillinge oder kleine Gruppen gut individualisirter Krystalle herausfallen; bei rascher Verdampfung hingegen, z. B. am Rande des Deckgläschens schiessen meist grosse, aus vielen Individuen bestehende büschelige, traubige und anderweitig geformte Krystallgruppen an, die sich zur Untersuchung weit weniger eignen.

Die Aufgaben, welche der mikrochemischen Untersuchung in der technischen Praxis zufallen, lassen sich nicht systematisch aufzählen, und ebensowenig lassen sich allgemeine Regeln aufstellen, wo diese Untersuchungsmethode angewendet werden soll. Der Techniker, welcher mit ihr vertraut ist, wird sie in manchen Fällen, in denen keine der übrigen Methoden zum Ziele führt, mit Erfolg anzuwenden wissen, z. B. bei der Untersuchung des Färbemittels von Zeugen und Papier, welche nur in kleinen Proben vorliegen u. s. w.

Die Methode der mikroskopischen Untersuchung ergibt sich für jeden von selbst, der mit dem Gange der qualitativen chemischen Analyse vertraut ist und mit dem Mikroskope umzugehen

Figur 109.



Natronsalze aus einem Gemische nahezu concentrirter Lösungen auf der bedeckten Objectplatte herauskrystallisirt. *A* Kohlensaures Natron, *B* saures, *C* neutrales schwefelsaures Natron, *D* Chlornatrium, *E* salpetersaures Natron.

versteht. Beinahe alle chemischen Reactionen, Färbungen, Niederschläge, das Entweichen von Gasen u. s. w. lassen sich auch unter Mikroskop hervorrufen. Aber bei allen vorzunehmenden Operationen: Präcipitiren, Auswaschen von Niederschlägen, Erwärmung, Auflösung, ist man auf die Objectplatte und auf die Deckgläser angewiesen.

Das Präcipitiren und ebenso die Auflösung erfolgt durch Zuströmenlassen der betreffenden Reagentien vom Rande des

Deckglases aus. Will man nur einen ganz langsamen Zufluss von Flüssigkeiten erzielen, so lässt man sie an einem Baumwoll-, oder, wenn es die Umstände gebieten, an einem Asbestfaden unter das Deckglas gelangen. — Die Erwärmung von Flüssigkeiten oder festen Körpern auf der Objectplatte ist selbstverständlich eine Operation, die Geduld verlangt und mit Sorgfalt ausgeführt werden will. Das Deckglas ist beim Erwärmen stets zu beseitigen. — Das Auswaschen von Niederschlägen oder anderen festen Körpern ist leicht zu erlernen. Man neigt die Objectplatte, auf welcher der Körper liegt, drückt das Deckglas gleichzeitig leicht an, und lässt nun die betreffende Waschflüssigkeit tropfenweise an den oberen Rand des Deckgläschens treten; am unteren Rande fliesst sie, mit den zu entfernenden Flüssigkeiten gemengt, ab.

Als Beispiel einer mikrochemischen Analyse theile ich hier die Prüfung auf jene Säuren mit, welche mit Natron verbunden die in dem oben gegebenen krystallographischen Beispiel vorkommenden Salze bilden.

Die Kohlensäure ist kenntlich an dem Aufbrausen, welches sich auf Zusatz von Salzsäure leicht unter Mikroskop beobachten lässt, ferner an dem feinkörnigen in Säuren löslichen Niederschlag, den Chlorbaryum in der Auflösung des kohlensauren Salzes erzeugt. Eine Lösung von Chlorbaryum ruft bei Gegenwart von Schwefelsäure einen feinkörnigen Niederschlag hervor, der sich in Säuren (Salzsäure, Salpetersäure) nicht löst. Dringt die Lösung des Chlorbaryums an Krystallen von kohlensaurem und schwefelsaurem Natron heran, so erscheint alsbald um beide herum ein feinkörniger, blassbräunlicher, in Massen bekanntlich weisser Niederschlag, im ersten Falle von kohlensaurem, im zweiten von schwefelsaurem Baryt herrührend. Ersterer löst sich unter Aufbrausen auf Zusatz von Salzsäure auf, letzterer bleibt ungelöst. Sowohl der kohlensaure als schwefelsaure Baryt [1]) erscheint bei der gewöhnlichen Fällung stets als amorphes,

[1]) Bei sehr langsamer Einwirkung von Chlorbaryum auf ein lösliches schwefelsaures Salz, fällt der schwefelsaure Baryt in zarten Krystallgruppen.

überaus feinkörniges Pulver im Mikroskope. Chlorbaryum, welches bekanntlich in stark saurer Lösung als weisser Niederschlag fällt, und bei Betrachtung mit freiem Auge von kohlensaurem und schwefelsaurem Baryt blos durch die Löslichkeit im Wasser, nicht aber durch das Aussehen zu unterscheiden ist, kann bei der mikrochemischen Untersuchung keine Veranlassung zu Irrungen geben, da es stets in deutlichen Krystallen aus den sauren Lösungen herausfällt.

Das Chlor des Chlornatrium lässt sich durch salpetersaures Silberoxyd auf dem Objectträger eben so leicht als in der Eprouvette nachweisen. — Etwas schwieriger ist der mikrochemische Nachweis der an eine Basis gebundenen Salpetersäure. Indigotinctur führt nur zum Ziele, wenn die unter dem Deckglase liegenden Mengen des Salzes nicht zu geringe sind. Man bringt eine kleine Quantität von Indigotinctur an einen Rand des Deckgläschens und lässt von dem anderen Rande zur Zerlegung des salpetersauren Salzes Schwefelsäure in die zu prüfende Flüssigkeit treten. Unter günstigen Umständen, d. h. bei geringem Zufluss von Indigotinctur und grösseren Mengen des salpetersauren Salzes wird die blaue Flüssigkeit entfärbt. Besser gelingt der Nachweis der gebundenen Salpetersäure durch schwefelsaures Eisenoxydul. Liegen Krystalle eines salpetersauren Salzes zur Prüfung vor, so leitet man zu derselben eine concentrirte Eisenvitriollösung, aus welcher man das Salz rasch durch Weingeist fällt. Da der Eisenvitriol in Krystallen herausfällt, so hat man nun unter dem Deckgläschen zweierlei Krystalle: kleine charakteristische, dem monoklinischen Systeme angehörige Plättchen von Eisenvitriol und die auf Salpetersäure zu prüfenden. Verwechslungen beider können bei sorgsamer Untersuchung nicht vorkommen. Die überschüssige Flüssigkeit lässt man vom schiefgestellten Objectträger ablaufen, wobei man das Deckgläschen sanft auf die Unterlage andrückt. Nun setzt man behufs Ausscheidung der Salpetersäure aus dem Salze Schwefelsäure zu. Bei Gegenwart von Salpetersäure tritt von den Eisenvitriolkrystallen eine olivenbraune Flüssigkeit ab, welche sich rasch mit der benachbarten Flüssigkeit mischt, wobei die letztere eine gelbgrüne Farbe annimmt.

Hat man die Salpetersäure in einem gelösten Salze nachzuweisen, so erzeugt man die Eisenvitriolkrystalle nicht durch Fällung mit Weingeist, sondern lässt sie freiwillig aus der im möglichst concentrirten Zustande unter das Deckglas gebrachten Eisenvitriollösung herauskrystallisiren. Man unterlässt den Zusatz von Weingeist, um nicht allzuviel Flüssigkeit auf den Objectträger zu bringen. Im Uebrigen verfährt man nach der oben angegebenen Methode.

MIKROSKOPISCH-TECHNISCHE

UNTERSUCHUNGEN.

ERSTE ABHANDLUNG.

Die Untersuchung der Stärke und des Mehles.

Die technisehe Untersuchung der Stärke und des Mehles beschäftigt seit langer Zeit her die Chemiker. Die Wichtigkeit der Aufgabe, die Eehtheit oder die Art der Verfälschung dieser Stoffe endgiltig zu constatiren, ist über jeden Zweifel erhaben. Obgleich nun eine grosse Zahl von ehemischen Methoden hierüber bekannt geworden sind, und selbst hervorragende Chemiker, wie Fresenius, Stoeekhardt u. A. sich mit diesem Gegenstande beschäftigten, so hat man es doch auf dieseм Wege noch nicht einmal zu halbwegs genügenden Erkennungsmitteln gebracht. Einer der hervorragendsten technischen Chemiker unserer Zeit, Bolley, sagt in seinem Handbuch der technisch-chemischen Untersuehungen im Abschnitte über Stärke und Mehl, nachdem er die übliehen chemisehen Proben zur Nachweisung der Stärkearten angeführt: „Alle diese Vorschläge können höchstens Andeutungen (über Natur und Abstammung der Stärke) geben, zu weiterem dienlich möchten wir sie keineswegs empfehlen“ [1]), und an einer anderen Stelle: „Die vorhandenen (Mittel zur Nachweisung von Roggenmehl in Weizenmehl) scheinen, was nicht zu verkennen, noeh unzureichend zur Erlangung präciserer Ergebnisse“ [2]).

---

[1]) Handbuch. 3. Aufl., p. 465.

[2]) l. c. p. 476.

Die mikroskopische Untersuchungsmethode führt für alle jene Fälle allein zu exacten Resultaten, in welchen blos Stärke oder die natürlichen Bestandtheile des Mehles zugegen sind; aber selbst wenn unorganische Substanzen (Gyps, Schwerspath, Kreide u. s. w.) zur Verfälschung von Stärke oder Mehl verwendet wurden, ist diese Methode nicht beiseite zu lassen. Denn ein einziger Blick in's Mikroskop lässt uns Alles, was Stärke ist, überblicken; aber auch der Kleber, der Zellstoff und die unorganischen Bestandtheile, deren Natur man bis zu einem gewissen Grade auch auf mikrochemischem Wege aufklären kann, treten hierbei dem Beobachter entgegen. In kürzester Zeit ergibt es sich, was das Object enthält, aber selbst eine beiläufige Vorstellung von den Mengen des Verfälschungsmittels erhält man durch das Mikroskop. Wenn es sich eben nicht um genauere quantitative Angaben handelt, reicht man bei der technischen Untersuchung von Stärke und Mehl mit diesem Instrumente aus, und wird selbst die unorganisirten Beimengungen des Mehles in kürzerer Zeit, als bei der gewöhnlichen chemischen Prüfung, nachweisen können.

Den wichtigsten Theil der Untersuchung der Stärke und des Mehles bildet die Erkennung der Stärkekörner in denselben. Hiermit wollen wir beginnen und anschliessend hieran die Prüfung der Stärke-Arrowroot-, Sago- und der Mehlsorten erläutern.

I. Erkennung der Stärkekörner.

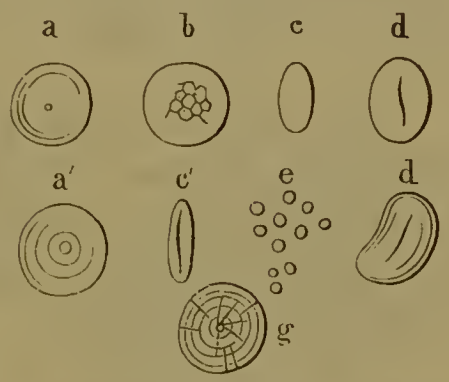
1. Die Stärkekörner von Roggen, Weizen und Gerste zeigen eine grosse Uebereinstimmung in Form und Grösse, so dass erst genaue, mit Messungen Hand in Hand gehende Untersuchungen sichere Entscheidungen zulassen. Hingegen tragen diese Stärkekörner ein so specifisches gemeinsames Gepräge an sich, dass man sie mit Leichtigkeit von allen anderen Stärkesorten unterscheiden kann.

Die Stärke aus dem Samen dieser drei Pflanzen ist aus zweierlei Stärkekörnern, aus grossen und kleinen Körnern, zusammengesetzt, zwischen welchen kein Uebergang stattfindet.

Die grossen Körner sind von linsenförmiger, die kleinen von kugeliger, manchmal polyedrischer Gestalt. An der Oberfläche der grossen Körner liegen oft polyedrische Eindrücke (Fig. 110 *b*). Sie sind entweder ungeschichtet oder zeigen nur wenige Schichten, und lassen nur selten direct einen Kern erkennen; wohl aber wird der Ort des Kernes häufig durch einen oder einige wenige schwarz erscheinende Risse angedeutet. Die kleinen Körner erscheinen stets ungeschichtet, an Stelle des Kernes steht meist eine lufterfüllte Höhle.

Behandelt man die Stärkekörner mit Chromsäure, so erweisen sich die grossen als bis in's Innere hinein geschichtet, und selbst die kleinen Körner lassen häufig einige Schichten erkennen. Die grossen Körner zeigen dann stets einen centralen Kern, um welchen herum eine grosse Zahl zarter concentrischer Schichten liegt, von welchen sich 2 bis 4 mit grosser Schärfe von der Umgebung abheben. Alle Schichten sind von zarten, radial verlaufenden Linien durchsetzt [1]).

Figur 110.



Vergr. 300. Stärkekörner des Weizens. *a*—*d* grosse, *e* kleine Körner, *g* grosses Korn nach Behandlung mit Chromsäure, *a*, *b* von der Fläche, *c*, *c'* von der Seite aus gesehene Körner, *b* Korn mit netzförmigen Eindrücken von den kleinen Körnern herrührend, *c' d* Körner mit spaltenförmigen, durch den Kern durchgehenden Rissen.

Eine eigenthümliche Erscheinung, die wir nicht übergehen dürfen, zeigen die unveränderten Körner der drei genannten Stärkearten, wenn man sie quetscht, z. B. wenn man auf die in Wasser liegenden Körner durch das Deckglas einen mit Schub verbundenen Druck ausübt. Die gequetschten Körner sind auffallend (um mehr als ein Drittel) grösser geworden, zeigen im Inneren eine grosse trübe Höhle, und zahlreiche mehr oder minder breite Risse in der hellen, die Höhle umschliessenden Grenzzone des Korns [2]).

---

[1]) Ueber die Einwirkung von Chromsäure auf Stärke, l. c.

[2]) Die meisten Eigenthümlichkeiten, welche Klenke in seine Figuren der Weizen- (l. c. p. 145), Roggen- (p. 180) und Gerstenstärke (p. 183) hineingezeichnet hat, haben ihren Grund in Quetschungen der Körner, und sind deshalb für deren Charakter durchaus nicht bezeichnend.

Die wahren Unterschiede der Roggen-, Weizen- und Gerstenstärkekörner sind sehr feiner Natur. Nach sorgfältigen Untersuchungen, welche ich hierüber anstellte, liegen dieselben

a) in den Dimensionen der Körner,
b) im Mengenverhältniss der grossen und kleinen Körner,
c) in der Oberflächenform der grossen Körner.

a) Dimensionen der grossen und kleinen Stärkekörner.

	Kleine Körner		Grosse Körner	
	Grenzwerthe	häufigster Werth	Grenzwerthe	häufigster Werth
Gerste	0·0016—0·0064^{mm}	0·0046^{mm}	0·0108—0·0328^{mm}	0·0203^{mm}
Weizen	0·0022—0·0082	0·0072	0·0111—0·0410	0·0282
Roggen	0·0022—0·0090	0·0063	0·0144—0·0475	0·0369

Die kleinen Stärkekörner der Gerste befinden sich beim Liegen im Wasser fast durchwegs in Molekularbewegung; von jenen des Weizens und des Roggens hingegen blos ein Theil der Körner, nämlich jene, die dem unteren Grössenwerthe (0·0022^{mm}) nahekommen.

b) In der Weizen- und Roggenstärke kommen ziemlich gleiche Mengen kleiner Körner auf eine gewisse Menge grosser; in der Gerstenstärke ist die Menge der kleinen Körner eine relativ grössere. Zahlen lassen sich hierüber nicht geben. Der Beobachter wird aber nichtsdestoweniger auch diese Eigenschaft zu verwerthen wissen.

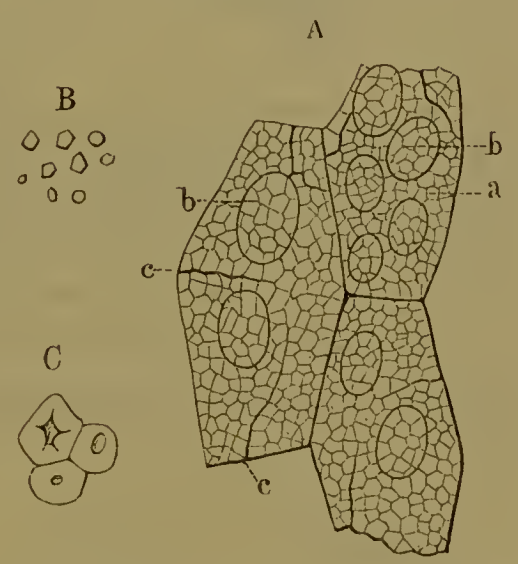
c) Die Oberflächenform der grossen Körner ist für die Unterscheidung zwischen Roggen- und Gerstenstärkekörnern von einiger Wichtigkeit. Beide haben eine ziemlich regelmässige sphärische Krümmung, so dass sie, als Sammellinsen functionirend, Bilder unterhalb des Mikroskoptisches liegender Gegenstände liefern, welche man durch sanfte Hebung der Mikroskopröhre leicht in Erscheinung bringen kann. Die Bilder der Roggenstärkekörner sehe ich, wenn ich nach scharfer Einstellung auf den Contour des Kornes mittelst der Mikrometerschraube das Rohr hebe, viel später, als jene, welche gleich grosse

Weizenstärkekörner entwerfen, indem die Brennweite der ersteren grösser als jene der letzteren ist[1]).

2. Stärkekörner des Reis und des Hafers. Reis- und Haferstärke stimmen darin überein, dass jede von ihnen aus zusammengesetzten und einfachen Körnern besteht. Die zusammengesetzten Körner bilden ferner in beiden Stärkesorten kugelige oder ellipsoidische, aus polyedrischen Theilkörnern bestehenden Gruppen (Fig. 111 *b*, 112 *B*).

Die zusammengesetzten Körner der Reisstärke haben einen Durchmesser von 0·018—0·036^{mm} (in den meisten Fällen von circa 0·022^{mm}) und bestehen aus 2 — 100 Theilkörnern. Jedes Theilkorn ist polygonal begrenzt, meist fünf- oder sechseckig, hin und wieder dreiseitig und führt an Stelle des Kerns eine grosse polygonale, manchmal sternförmige Höhle. Der Durchmesser der Theilkörner schwankt zwischen 0·003 bis 0·007^{mm}; meist beträgt er 0·005^{mm}. Im Wasser liegend, zeigt keines der Körner die Schichtung, wohl aber nach Einwirkung von Chromsäure. Die einfachen Stärkekörner der Reisstärke sind von den Theilkörnern in keinerlei Weise zu unterscheiden. In den Zellen liegen sie dichtgedrängt nebeneinander, den von den zusammengesetzten Stärkekörnern freigelassenen Raum eng ausfüllend, und bilden so unecht zusammengesetzte Körnergruppen, die beim Zerfallen

Figur 111.



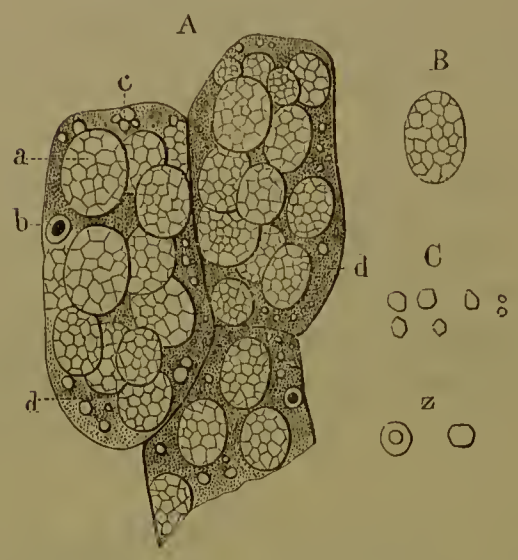
A, *B* Vergr. 300. *C* 800. *A* Zellen aus dem Reiskorn. *a* unecht zusammengesetzte Stärke, *b* echt zusammengesetztes Stärkekorn, *c* Risse, durch Eintrocknung des Gewebes hervorgerufen, *B* einzelne Körner von *a* und *b*, *C* dieselben stärker vergrössert.

[1]) An meinem Hartnack'schen Instrumente muss ich, wenn ich mit Okular 3, Objectiv 7 beobachte, und die zur Messung verwendeten Körner 0·0311^{mm} messen zur Sichtbarmachung der von den Roggenstärkekörnern erzeugten Bildern den Schraubenkopf um 120° drehen; 70° genügen, um die von den Weizenstärkekörnern erzeugten Bilder zu sehen.

Bruchkörner (p. 68) geben. Die kleinsten Theil- und Bruchkörner zeigen im Wasser Molekularbewegung.

Die zusammengesetzten Stärkekörner der Haferstärke messen 0·014—0·054^{mm}, meist 0·031^{mm}, und bestehen in der Mehrzahl der Fälle aus 2 oder aus 20 bis 70 Theilkörnern [1]). Jedes Theilkorn ist polyedrisch, meist unregelmässig drei- bis sechseckig, misst 0·003 bis 0·011^{mm} (meist cca. 0·008^{mm}) im Durchmesser, und zeigt auf Einwirkung von Chromsäure den feineren Bau der Theilkörner des Reis. Die einfachen Körner unterscheiden sich deutlich von den Theilkörnern; sie haben eine runde oder tonnenförmige, niemals polyedrische Gestalt, da sie nie Bruchkörner sind. Ihre Grösse steigt bis 0·015^{mm}.

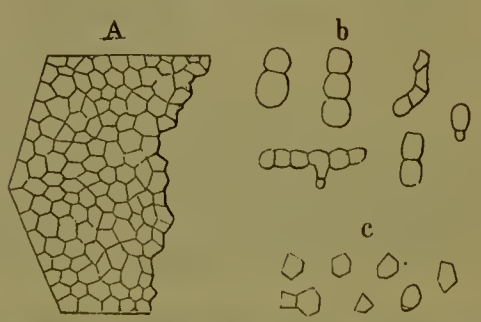
Figur 112.



Vergr. 300. *A* Stärkeführende Zellen aus dem Sameneiweiss des Hafers, *a* echt zusammengesetztes Stärkekorn, *b*, *c* einfache Stärkekörner, *d* Protoplasmareste, *B* zusammengesetztes Korn, *C* Theilkörner, *z* einfache Körner, *C* und *z* etwas stärker vergrössert.

3. Die Stärkekörner des Heidekornes oder Buchweizens (Polygonum fagopyrum) sind fast durchwegs Bruchkörner von polyedrischer Gestalt; hin und wieder treten linear zusammengesetzte Körner von nebenstehender Form (Fig. 113*b*) auf. Die Grösse der Bruchkörner beträgt 0·0036 — 0·0144^{mm}, meist nähert sich der Werth der Grösse 0·009^{mm}. Die meisten Körner zeigen eine mehr oder minder grosse, dunkle Innenhöhle. Im Wasser liegend erscheinen die Körner nie, nach Einwirkung von Chromsäure nur selten geschichtet. Dieses Reagens

Figur 113.



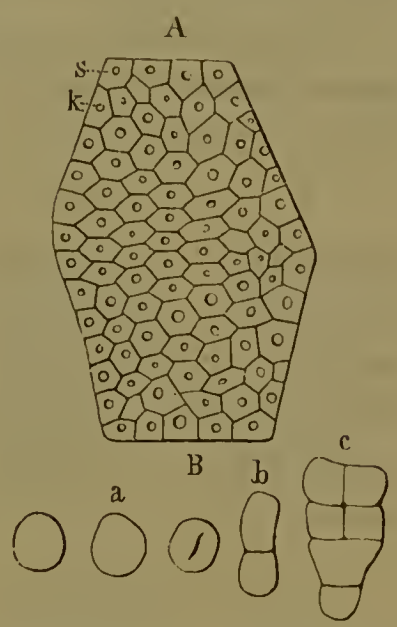
Vergr. 300. *A* Fragment einer mit Stärkekörnern erfüllten Zelle aus dem Haidekorn, *b* zusammengesetzte Stärkekörner, *c* Bruchkörner.

[1]) Nach Naegeli (l. c. p. 513) steigt die Zahl der Theilkörner bis auf 300.

vergrössert die Innenhöhle und bedingt in der rückständigen Masse des Kornes eine zarte radiale Streifung.

4. Die Stärkekörner des Mais (Zea Mays). Im äusseren, hornigen Theile des Maiskornes liegen die Körner dicht gedrängt neben einander, zu unecht zusammengesetzten Körnern verbunden; im inneren, mehligen Theile ist die Mehrzahl der Körner einfach, einige wenige sind echt zusammengesetzt, und bestehen dann aus 2—7 Theilkörnern. In der Maisstärke unterscheidet man deshalb einfache, Bruch- und zusammengesetzte Körner. Die einfachen Körner sind rund, und zwar kugelig oder ellipsoidisch, die Bruch- und zusammengesetzten Körner hingegen ganz oder theilweise polyedrisch abgeplattet, sonst stimmen alle Körner im Baue überein. Die Grösse der Körner liegt zwischen 0·0072 bis 0·0325^{mm} und nähert sich meist dem Werthe 0·020^{mm}. Die meisten Stärkekörner zeigen einen Kern; die trockenen sind von radialen, vom Kerne ausgehenden Rissen durchsetzt. Schichten habe ich im unveränderten Korne nie gesehen [1]). Auf Einwirkung von Chromsäure erscheint in der Nähe des Contours eine helle Schichte, seltener noch eine bis drei andere; der innere Theil des Kornes zeigt hierbei eine radiale Streifung.

Figur 114.



Vergr. 300. *A* Stärkeführende Zelle aus dem hornigen Theile des Maiskornes, *s* einzelnes Stärkekorn, *k* Kern, *B*, *a* einfache, *b*, *c* echt zusammengesetzte Stärkekörner aus dem mehligen Theile des Maiskornes.

5. Die Stärkekörner der Kartoffel sind eiförmig, im Querschnitte kreisrund, hin und wieder etwas unregelmässig

Figur 115.

Vergr. 300. Kartoffelstärke. *A* junges, unentwickeltes Korn, *B* — *E* entwickelte Körner, *E'* zusammengesetztes Korn.

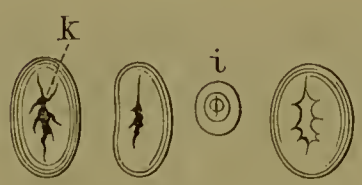
[1]) Nach Naegeli (l. c. p. 409) sollen sie hin und wieder zu sehen sein.

contourirt. Nur die noch jungen, unentwickelten, noch keinen ausgeprägten Schichtenbau besitzenden Körner, sind kugelig. Die Länge schwankt zwischen 0·06—0·10^{mm}, und beträgt meist circa 0·07^{mm}. Der Kern ist excentrisch (Excentricität $^1/_4$—$^1/_6$) und liegt beinahe immer am schmalen Kornende.

Die ebenfalls excentrischen Schichten sind zahlreich und meist deutlich ausgeprägt, einige von ihnen treten stets mit auffälliger Schärfe hervor.

6. Die Stärkekörner der Hülsenfrüchte sind ellipsoidisch mit centralem Kerne und concentrischen Schichten. Der Kern repräsentirt sich in der Regel als lange, rissige, zumeist lufterfüllte und dann schwarz erscheinende Höhle. Die Schichten sind an manchen Körnern nicht erkennbar, in welchem Falle sie jedoch durch Chromsäure leicht hervorgerufen werden können; meist treten sie nur am Rande des Kornes hervor. Jugendliche Körner sind rund. Unregelmässigkeiten in der Form, besonders buchtige Contouren sind nicht selten. Die Länge der Körner beträgt 0·032—0·079^{mm}. Für die Erkennung der Art eines Hülsenfruchtmehles sind die Angaben der Längen den Angaben des Axenverhältnisses der Ellipse, welche, wie ich mich überzeugte, selbst bei einer und derselben Mehlsorte grossen Schwankungen unterworfen sind, vorzuziehen.

Figur 116.



Vergr. 300. Stärkekörner aus dem Samen der Bohne (Phaseolus vulgaris), *i* unentwickeltes Korn, *k* Kern.

Stärkesorte	Häufigste Länge	Maximalwerth der Länge[1])
Kichererbse (Cicer arietinum)	0·030^{mm}	0·030^{mm}
Schminkbohne (Phaseolus multiflorus) . .	0·033	0·035
Linse (Ervum lens)	0·033	0·040
Bohne (Phaseol. vulgaris)	0·039	0·040
Erbse (Pisum sativum)	0·057	0·065

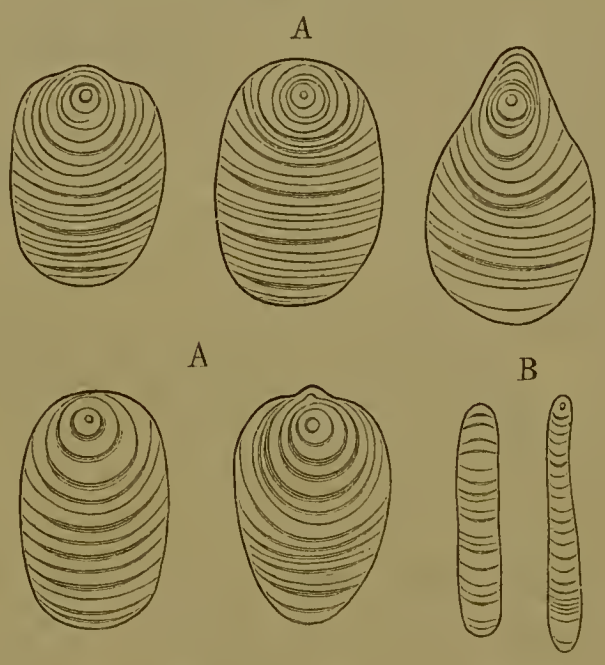
7. Curcuma-Stärkekörner (aus den kleinen Wurzelknollen von Curcuma leucorrhiza Rxb., angustifolia Rxb. und

[1]) Die Maximalwerthe nach Naegeli (l. c. p. 425 ffd.)

Zedoaria Salisb.). Nach meinen Beobachtungen kömmt vorzugsweise die Stärke der erstgenannten Pflanze (als ostindisches Arrow-root) in den Handel, weswegen ich die Körner derselben ausführlicher als die der anderen beschreiben will.

Die Stärkekörner der Curcuma leucorrhiza sind stets platt, drei- bis viermal so breit als dick, im Hauptumriss elliptisch, mandelförmig bis dreiseitig, und dann mit einem kleinen Fortsatz an der stumpfen Seite des Kornes versehen. Schichtung und Kern, beide excentrisch, sind hier so deutlich wie kaum bei einem anderen Stärkekorn ausgeprägt. Die Zahl der Schichten ist eine enorm grosse; in einem System von breiten, scharf hervortretenden Schichten liegen zahlreiche zarte. Die Schichten erscheinen nur zum geringen Theile, wie bei der Kartoffel, umeinander, zumeist hintereinander liegend. Der Kern ist hell, punktförmig, und liegt in der Regel an der breiten Seite des Kornes. Die Excentricität des Kernes ist nur selten gleich Null, liegt, wie ich finde, meist zwischen $^1/_7$ und $^1/_9$ und steigt nach Naegeli bis $^1/_{17}$. Die Länge beträgt nach meinen Beobachtungen 0·021 bis 0·145^{mm} (nach anderen Angaben[1]) 0·02—0·07^{mm}), zumeist 0·105^{mm}. Die Breite schwankt, häufig beträgt sie $^2/_3$ der Länge.

Figur 117.



Vergr. 300. Stärkekörner von Curcuma leucorrhiza (ostindisches Arrow-root). *A* von der Fläche, *B* von der Seite gesehen.

Die Stärkekörner von Curcuma Zedoaria[2]) sind oval, länglich, mehr oder minder dreieckig, $^2/_5$—$^2/_3$ so breit als lang, bis über $^1/_2$ und $^1/_3$ der Breite zusammengedrückt. Schichten zahlreich, Excentricität bis $^1/_{25}$ und $^1/_{35}$. Länge bis 0·07^{mm}.

[1]) Leo Soubeiran. Journ. pharm. 1854. p. 178.

[2]) Die hier folgenden Angaben nach Naegeli (l. c. p. 442).

Die Körner von Curcuma angustifolia [1]) sind stumpf dreieckig, nicht abgeplattet, Schichten und Kern wenig deutlich. Länge gleich 0·005—0·03mm. Viele Körner sind gespalten oder zerrissen.

7. Maranta-Stärkekörner. Es kommen zwei Arten von Marantastärke in den Handel; eine stammt von Maranta arundinaceа, die andere von M. indica.

Die Stärkekörner der M. arund. (s. Fig. 118 *A a*) sind durchweg einfach, rund im Querschnitt oder etwas abgeplattet, ellipsoïdisch, eiförmig oder abgerundet-dreieckig, oder stumpfeckig-deltoïdisch in der Flächenansicht. Schichtung stets sichtbar, aber undeutlich, Kern central oder häufiger bis $^1/_6$ excentrisch, meist an der breiten Körnerseite gelegen. Vom Kerne aus geht eine lufterfüllte Querspalte oft bis an den Contour. Die Länge schwankt zwischen 0·010—0·070mm und beträgt meist circa 0·036mm.

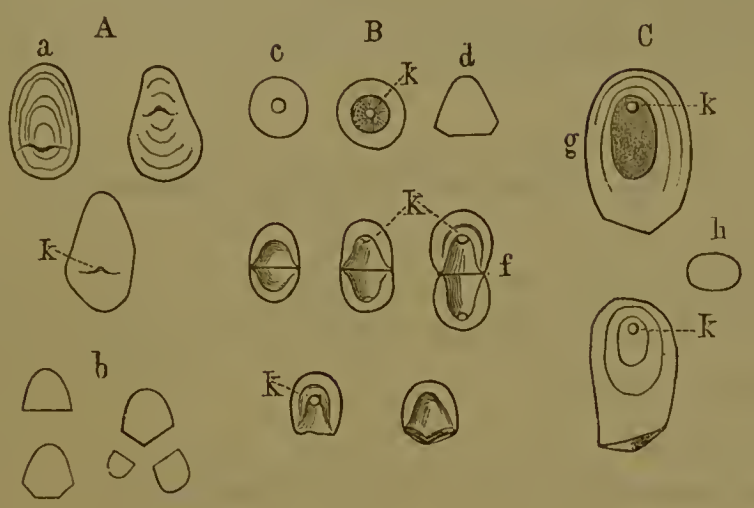
Die Körner der M. indica (s. Fig. 118 *A b*) sind meist zusammengesetzt, und bestehen dann aus 2—6 Theilkörnern, von denen jedes durch eine gekrümmte und 1—3 ebene Flächen begrenzt wird. Die Schichten treten sowohl an den einfachen wie an den zusammengesetzten Körnern erst nach Einwirkung von Chromsäure hervor. Die Länge der Körnergruppe misst beiläufig 0·06, die Breite 0·04mm, die Länge eines einfachen oder Theilkornes beträgt in der Mehrzahl der Fälle circa 0·016mm.

8. Die Stärkekörner der Tapioca oder des Cassavemehls (von Jatropha Manihot.). Zusammengesetzte Körner, aus 2—8, meist aus 2 Theilkörnern bestehend. Ein auf seiner ebenen Fläche ruhendes Theilkorn zeigt einen kreisförmigen Contour (Fig. 118 *B c*), in dessen Centrum der Kern zu liegen scheint; um diesen herum liegt eine breite matte Zone. Auf seiner gekrümmten Fläche ruhend, hat das Korn einen paukenförmigen bis zuckerhutförmigen Umriss (Fig. 118 *B d, f*). Nunmehr erkennt man erst, dass der Kern nicht im Centrum, sondern blos in der Axe des Kornes liegt, und dem gekrümmten Ende stets näher als dem flachen liegt. Unter dem Kerne liegt eine konische, mit schwach lichtbrechender Substanz erfüllte Höhle (Fig. 118 *B k*). Die Theilkörner messen

[1]) Nach L. Soubeiran l. c.

meist circa 0·020^{mm}, die Grenzwerthe des Durchmessers liegen zwischen 0·007—0·029^{mm}.

Figur 118.



Vergr. 300. *A* Marantastärke, *a* von Maranta arundinacea, *b* von M. indica. *B* Stärkekörner der Tapiocca (von Jatropha manihot). *C* Stärkekörner des echten Sagomehles (von Sagus Rumphii), *k* Kern.

9. Die Stärkekörner des echten Sago (aus dem Marke von Sagus Rumphii W. (Fig. 118 *C*) sind zusammengesetzte Körner von ungemein charakteristischer Form. Die Körnergruppen bestehen nämlich aus 2—3 Körnern, von denen sich eines auffallend durch Grösse auszeichnet. Im Sagomehl findet man keine Körnergruppen mehr, sondern blos Theilkörner. Die grossen Theilkörner (*Cg*) messen meist nahebei 0·065^{mm}, sind oval, an ihrem schmalen Ende liegen 1—2 ebene Zusammensetzungsflächen, am breiten Ende befindet sich der Kern. Die kleinen Theilkörner (*Ch*) messen circa 0·018^{mm}. Der Kern ist relativ gross, ausgehöhlt um ihn herum liegen zahlreiche, jedoch matt contourirte Schichten.

10. Die Stärkekörner der Rosskastanie sind fast durchwegs einfach, rund, nicht platt, messen circa 0·036^{mm}, der Kern ist deutlich, bis $^1/_7$ excentrisch.

Die Körner der echten Kastanie sind rund oder elliptisch bis abgerundet drei- und viereckig. Statt des Kernes, der fast stets central, eine lufterfüllte Höhle. Grösse bis 0·021^{mm}. Zusammengesetzte Körner, besonders Zwillings- und Drillingskörner, nicht selten.

Die Körner der Eichel (von Quercus pedunculata) sind in Grösse der früheren gleich; ihre Form ist jedoch regelmässiger (meist elliptisch); der nur selten direct zu sehende, meist erst nach Einwirkung von Chromsäure hervortretende Kern aber bis $^1/_4$ excentrisch. Zusammengesetzte Körner treten nur spärlich auf [1]).

II. Untersuchung der Stärke.

Die Stärkesorten des Handels sind:

1. Getreidestärke (häufig Weizen-, seltener Roggenstärke),
2. Kartoffelstärke,
3. Reisstärke,
4. Cassavemehl (von Jatropha Manihot.),
5. Arrow-root,
   a) ostindisches (Cureumastärke),
   b) westindisches (Marantastärke).

Im reinen Zustande erscheinen dem unbewaffneten Auge blos die Reis- und Getreidestärke rein weiss; etwas in Grau geneigt erscheint Cassavemehl und Marantastärke, Kartoffelstärke zeigt einen Stich in's Gelbe, Cureumastärke einen deutlich unterscheidbaren gelblichen Farbenton.

Die Körnchen der Cureuma- und Kartoffelstärke erkennt man schon mit freiem Auge, die der Maranta- und Getreidestärke erst mit einer starken Loupe, Reisstärke und Cassavemehl erst durch das Mikroskop.

Die Prüfung der Echtheit der genannten Stärkesorten kann nach dem Vorhergehenden keine Schwierigkeiten bieten, ebensowenig kann es schwer fallen, die Gegenwart einer dieser Stärkesorten in der anderen oder die Verfälschung der einen durch die andere nachzuweisen.

Weizenstärke wird häufig durch Roggenstärke ganz oder theilweise ersetzt*), und mit dem Mehl von Roggen, Weizen, Gerste, Hafer, endlich mit der Stärke von Hülsenfrüchten und

[1]) Ueber Alant- und Flechtenstärke s. p. 80 und 121.

*) Alle mit diesem Zeichen versehenen Fälle habe ich im Wiener Handel durch zahlreiche Beobachtungen constatirt.

Mais verfälscht. Statt Kartoffelstärke wird Weizenstärke*), statt Reisstärke wird Weizen- oder Roggenstärke verkauft*). Ostindisches Arrow-root [1]) wird durch Kartoffelstärke, westindisches Arrow-root [2]) durch Weizenstärke*) und Cassarenmehl verfälscht.

Weizen- und Kartoffelstärke werden auch durch mineralische Substanzen, vorzugsweise durch Gyps, kohlensauren Kalk und Schwerspath verfälscht. Wenn zwischen der Stärke unter Mikroskop eine körnige Masse erscheint, die auch nach leichtem Zerdrücken nicht in einzelne Körnchen zerfällt und durch Jod nicht gebläut wird, so kann man auf fremde Beimengungen schliessen. Werden die körnigen Massen durch Jod gelb oder braun gefärbt, so bestehen sie aus organisirten Stoffen, bleiben sie ungefärbt, so ist die Gegenwart mineralischer Stoffe im hohen Grade wahrscheinlich. Die mikrochemische Nachweisung von schwefelsaurem und kohlensaurem Kalk ist unschwer. Die Lösung des Gyps wird durch Chlorbaryum weiss gefällt, kohlensaurer Kalk geht durch Salpetersäure unter Aufbrausen in Lösung. Das Ausbleiben beider Reactionen bei Anwesenheit mineralischer Körper macht die Gegenwart von Schwerspath wahrscheinlich. Hier kann jedoch erst die chemische Analyse entscheiden.

III. Untersuchung von Sago.

Die Sagosorten des Handels enthalten nur Stärke. Die Verfälschungen bestehen blos darin, dass eine theure Stärkesorte durch eine billigere ersetzt wird. Die Farbe des Sago ist weiss. Früher kam häufig auch ein braun oder roth gefärbter Sago in den Handel, dessen Färbung durch gebrannten Zucker oder durch unorganische Substanzen (Bolerde) hervorgerufen wurde [3]).

---

[1]) Ostindisches Arrow-root des Wiener Handels (Stärke von Curcuma leucorrhiza) ist hier weitaus seltener als westindisches Arrow-root, welches die österreichische Pharmakopoe vorschreibt.

[2]) Als westindisches Arrow-root wird im Wiener Handel theils reine Stärke von Maranta arundinacea, theils ein Gemenge von M. arundinacea und M. indica verkauft.

[3]) Im Wiener Handel fehlt derselbe seit Jahren.

Die Stärkekörner sind in den Sagoarten meist im aufgequollenen Zustande anzutreffen, doch kömmt darin auch stets eine grosse Zahl ganz unveränderter Körner vor, die für die Untersuchung völlig ausreichen, zumal es keine Schwierigkeiten bereiten kann, alle möglichen Uebergangsglieder von den ganz unveränderten bis zu den völlig aufgequollenen zu finden.

Der ostindische Sago bildet kleine hyaline Körner (1^{mm} im Durchmesser) und besteht aus der Stärke von Sagus Rumphii. Hin und wieder wird ein feinkörniger Kartoffelsago statt desselben verkauft [1]).

Der brasilianische Sago bildet weit grössere Körner als der frühere (3—4^{mm} im Durchmesser) von mehr mehligem Aussehen. Er besteht aus den Stärkekörnern des Cassavemehls; selten wird derselbe mit grobem Kartoffelsago verfälscht.

Die Tapiocca bildet weisse, grobe, aus eckigen, zusammengebackenen Körnern bestehende Massen und ist wie der brasilianische Sago aus Cassavemehl zusammengesetzt. Ich habe dieselben stets unverfälscht gefunden.

Der inländische Sago, von welchem man eine fein- und eine grobkörnige Art unterscheidet, wird aus Kartoffelstärke bereitet.

Es soll auch Sago aus Hülsenfruchtmehl und aus der Stärke der Batate bereitet werden [2]).

IV. Untersuchung des Mehles.

Unverfälschtes Mehl besteht der Hauptmasse nach aus Stärkekörnern. Ausserdem enthält es noch Gewebsreste, nämlich Zellwände, Protoplasmareste oder ganze Zell- oder Gewebsstücke. Ordinäre Mehlsorten enthalten mehr Gewebsreste als feine.

---

[1]) Ostindischer Sago wird auch aus der Stärke von Cycas circinalis und revoluta bereitet. Ich habe diese Stärkesorten in den mir zu Gebote gestellten Proben des Wiener Grosshandels nicht zu sehen Gelegenheit gehabt.

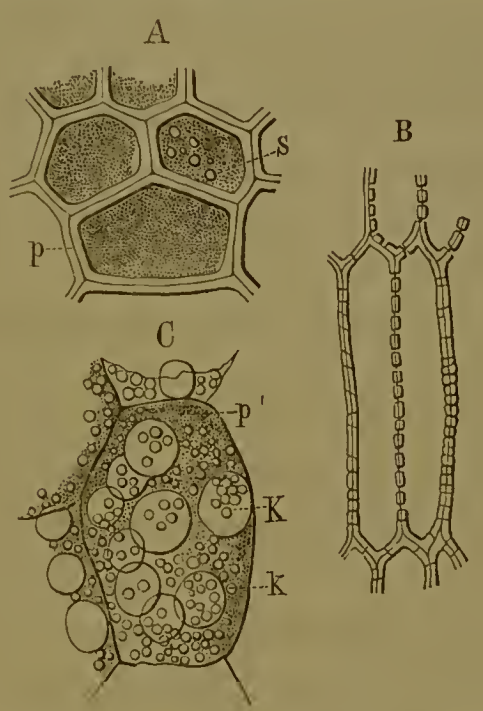
[2]) Klenke l. c. p. 201 ffd.

Ueber die Stärkekörner des Mehls muss auf das Frühere verwiesen werden.

Die Gewebsreste müssen wir hier eingehender betraehten. Jedes Getreidekorn besteht aus dem Samengewebe und der aus mehreren Zelllagen bestehenden Samenhülle. Ersteres besteht aus mit Inhaltstoffen erfüllten Parenchymzellen letztere aus langstreckigen Oberhautzellen und ähnlich gestalteten Parenchymzellen, die aber sämmtlich mit Luft erfüllt sind.

Das Samengewebe ist nach aussen von einer oder einigen wenigen Zellschichten umgeben, deren Zellen strotzend mit Protoplasma erfüllt sind, und entweder gar keine oder nur wenige kleine Stärkekörner enthalten (Fig. 119 *A*). Wir wollen sie Kleberzellen nennen, da der Kleber des Mehles vorzugsweise aus dem Inhalt dieser Zellen sich zusammensetzt. Alle übrigen Zellen des stärkeführenden Parenchyms enthalten Stärkekörner und nur mehr kleine Reste von Protoplasma (Fig. 119 *C*).

Figur 119.



Vergr. 300. Bestandtheile des Weizenmehles. *A* Kleberzellen, *p* Protoplasma, *s* Stärkekörner, *B* Oberhautzellen, *C* Fragment des stärkeführenden Gewebes, *K* grosse, *k* kleine Stärkekörner, *p'* Plasmareste.

Die Kleie verdankt ihren hohen Klebergehalt den Kleberzellen. Entkleietes Mehl ist beinahe nur auf jenen Kleber angewiesen, der in den stärkeführenden Zellen als Protoplasmarest auftritt.

Die Kleberzellen sind sehr derbwandig und werden deshalb beim Mahlprocess nur wenig beschädigt. Die stärkeführenden Zellen sind hingegen so dünnwandig, dass sie selbst bei geringem Drucke zersprengt werden. Die hierbei entstehenden Fragmente der Zellwände sind kleine dünne Splitter.

In allen Mehlsorten, selbst den feinsten, ist die Zerstörung des Gewebes eine unvollkommene, stets findet man einen Theil der Stärkekörner noch in Zellen eingeschlossen.

Im ordinären Mehle sind die mit Stärke erfüllten Parenchymstücke so gross, dass sie selbst bei Benützung mittlerer Vergrösserungen das ganze Gesichtsfeld überdecken. Kleberzellen kommen darin häufig vor, ebenso ganz unverletzte Zellen der Samenhülle, die Stärkekörner haften zum grossen Theile noch aneinander. In unserem gewöhnlichen Roggen-, Weizen- und Gerstenmehle ist beinahe jedes grosse Stärkekorn noch von zahlreichen kleinen umgeben, im Reis- und Hafermehl sind die zusammengesetzten Körner meist noch unverletzt.

In mittelfeinen Mehlsorten kommen ausser einer grossen Zahl vereinzelnter Zellen noch 2—8 Parenchymzellen fassende Gewebsfragmente nicht selten vor. Kleberzellen sind sparsam vertheilt, ebenso die Zellen der Samenhülle, letztere sind schon bedeutend demolirt. Die Stärkekörner sind zum grossen Theile auseinander gelöst.

In den feinsten Mehlsorten findet man nur Spuren von Kleberzellen, und ebenso von Zellwand-Fragmenten der Samenhülle. Die Stärkekörner sind beinahe durchwegs der Zellhüllen entkleidet und auseinander gelöst. Viele Stärkekörner zeigen die charakteristischen Formen der Zerquetschung (s. p. 203). Seltener finden sich zerquetschte Körner in mittelfeinen, beinahe gar nicht in den ordinären Sorten. Bei der Durchführung von Messungen behufs Unterscheidung zwischen Roggen- und Weizenmehl hat man hierauf wohl zu achten, und muss deshalb mit Sorgfalt zur Messung nur unverletzte Stärkekörner auswählen. —

Bei der mikroskopischen Untersuchung des Mehles bringt man eine kleine Probe auf den Objecträger, fügt Wasser zu und bedeckt sie mit dem Deckgläschen. Durch einen sanften Schub des letzteren vertheilen sich die Bestandtheile des Mehles genügend im Wasser, ohne welche mechanische Veränderung zu erleiden. Nun behandelt man das Object mit verdünnter Jodlösung. Sämmtliche Stärkekörner nehmen eine blaue, das Protoplasma der Kleberzellen, so wie das der stärkeführenden Zellen nimmt eine goldgelbe Farbe an. Die Splitter der Parenchymwände werden durch Jod blassgelb, auf Zusatz von Schwefelsäure blau gefärbt; sie sind übrigens leicht an ihrem Aussehen zu erkennen. —

Verfälschungen des Mehls mit anderen Mehl- oder Stärkesorten, z. B. Hülsenfrucht-, Mais-, Buchweizen-, Mehl und Kartoffelstärke, sind an den Stärkekörnern leicht zu erkennen. Eine Verfälschung mit Leinsamenmehl ist an den im letzteren nie fehlenden derbwandigen, seehsseitigen, braun gefärbten, der Samenhaut des Leines angehörigen Oberhautzellen, ferner an den grossen Massen von Oeltropfen, welche selbst ein kleines Bruchstück des Leinsamengewebes an Wasser abgibt, endlich an den körnigen Einschlüssen der geschlossenen Zellen dieses Mehles, welche Aleuron (p. 74) und nicht Stärke sind, mithin durch Jod nicht gebläut werden, leicht zu erkennen.

Mineralische Verfälschungsmittel des Mehles, z. B. Kreide, Gyps, Schwerspath, Thon u. dgl., geben sich allsogleich dadurch kund, dass sie durch Jodlösung gar nicht verändert werden, sondern ihren eigenthümlichen grauen Farbenton, der selbst der reinsten weissen Kreide bei Betrachtung unter Mikroskop eigen ist, beibehalten. Die mineralischen Bestandtheile eines verfälschten Mehls sind deshalb leicht von dem Kleber, mit welchem sie bei flüchtiger Betrachtung leicht verwechselt werden könnten, der aber stets durch Jodlösung goldgelb gefärbt wird, zu unterscheiden.

Verdorbenes Mehl besteht aus ausgehöhlten und zusammengefallenen Stärkekörnern und enthält die Sporen, Myceliен und selbst Fruchtäste und Früchte von Schimmelpilzen [1]), ferner habe ich darin stets Leptothrixkörner (p. 164) gefunden.

---

[1]) Siehe Fig. 83 p. 153 und Fig. 87 p. 162.

ZWEITE ABHANDLUNG.

Die mikroskopische Untersuchung des Papiers.

Die Untersuchung der Papiere hatte den Zweck, die Art der Faser, der Leimung und unter Umständen die des Färbematerials und der sogenannten Fällstoffe festzustellen. Auch auf die Ermittelung des Umstandes, in welchem mechanischen Zustande die Faser sich befindet, muss hierbei Rücksicht genommen werden, indem die Festigkeit, vorzugsweise aber die Dauerhaftigkeit eines Papiers zum grossen Theile hiervon abhängt.

Zur Ermittelung der Fasersorte reichen die gewöhnlichen Reactionen des Chemikers nicht aus. Beinahe alle im Grossen hergestellten Papiere werden aus Pflanzenfasern bereitet, deren Hauptbestandtheil stets ein und derselbe Körper, nämlich Cellulose ist. Neben diesem Körper treten in der unveränderten Pflanzenfaser noch einige andere Substanzen auf, von welchen aber in den zur Papierbereitung benützten Fasern blos eine, die Holzsubstanz der chemischen Reaction zugänglich ist. Die Anwesenheit derselben lässt sich, wie oben gezeigt, stets leicht durch schwefelsaures Anilin nachweisen.

Wäre nun, wie von einer Seite angenommen wurde, diese Reaction nur am Holze hervorzurufen, und würde ferner diese Substanz im ganzen Verlaufe der Papierbereitung die Faser nicht verlassen, dann hätte man allerdings im schwefelsauren Anilin einen Körper gefunden, durch welchen man das Holzpapier von jeder anderen Papiersorte unterscheiden könnte. Nun lehrt aber

das Studium der Pflanzengewebe, dass eine ungemein grosse Zahl von Pflanzenzellen, selbst die Leinenfaser und die Bestandtheile des Strohhalmes, im hervorragenden Maasse die Hanffaser, durch schwefelsaures Anilin gefärbt werde; ferner lehrt die mikrochemische Untersuchung der gebleichten Papiere, dass die Bleichung nichts anderes als eine Zerstörung der Holzsubstanz bezweckt. Da nun Papiere, welche aus ungebleichter Hanffaser, aus Flachsabfällen oder aus unvollständig gebleichter Strohfaser bereitet werden, durch schwefelsaures Anilin gelb gefärbt werden, während gut gebleichte Holzpapiere ungefärbt bleiben, so folgt hieraus, dass das schwefelsaure Anilin weder die Anwesenheit der Holzfaser anzeigt, noch das Nichteintreten der Farbenreaction auf die Abwesenheit von Holzfaser im Papiere schliessen lässt. Die chemischen Mittel zur Erkennung der Faser haben deshalb nur eine untergeordnete Bedeutung. Es wird doch erst des Mikroskopes bedürfen, um über die Art einer Faser ein unumstössliches Urtheil fällen zu können [1]). Immerhin können aber Fälle des practischen Lebens gedacht werden, wo die durch schwefelsaures Anilin erzielten Wahrscheinlichkeitsresultate von Werth sind.

Die Leimung, die Färbemittel und Füllstoffe des Papiers weist man bis jetzt durch die gewöhnliche chemische Reaction nach. Wenn es sich blos um qualitative Angaben handelt, dürfte man in vielen Fällen in kürzerer Zeit auf mikrochemischem Wege zum Ziele kommen, indem dasselbe Präparat, welches zur Erkennung der Faser diente, auch gleichzeitig hierfür benützt werden kann.

I. Untersuchung der Faser.

Die Prüfung auf die Faser kann erst nach sorgfältiger Zerfaserung des Papiers vorgenommen werden. Man bringt ein kleines Stückchen des zu untersuchenden Papiers (4—8 □^{mm})

[1]) Ich habe in einer kleinen Arbeit über die mikroskopische Erkennung des Espartopapieres auf die Unsicherheit der chemischen Nachweisung der Holzfaser durch schwefelsaures Anilin (Wochenschrift des niederösterr. Gewerbevereines 1865, Nr. 28) gegenüber der mikroskopischen hingewiesen, und finde, dass dies von Seite competenter Chemiker vollkommen zugestanden wird (s. Fresenius. Zeitschrift für analytische Chemie 1865. 2. Heft, p. 250).

auf den sorgfältig mit einem Lederlappen gereinigten Objectträger und benetzt es mit einigen Tropfen destillirten Wassers. Nun zerfasert man das Papier mittelst der Nadeln und vertheilt die abgelösten Fasern im Wasser. Da es sich bei der Untersuchung darum handelt, die Faser in jenem Zustande unter's Mikroskop zu bringen, in welchem sie im Papiere liegt, bewerkstellige man die Zerfaserung des Papiers, ohne mit den Nadeln irgendwie Gewalt anzuwenden. Die im Wasser fein vertheilten Fasern bedeckt man nun mit dem Deckgläschen. Je sorgsamer die Zerfaserung des Papiers und die Vertheilung der Faser im Wasser vorgenommen wurde, desto leichter ist die Untersuchung.

Bei der Prüfung der Faser hat man erstens auf ihre Art oder Abstammung, zweitens auf den mechanischen Zustand derselben Rücksicht zu nehmen.

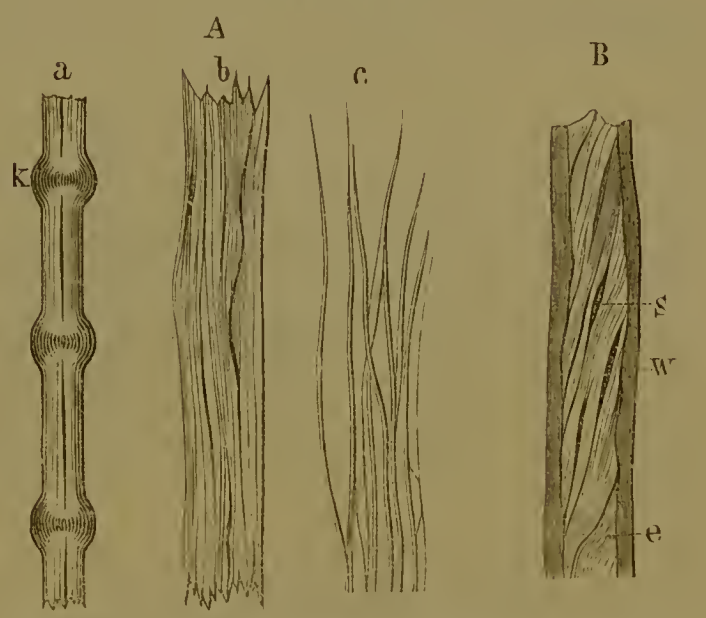
a) **Die Art der Faser.** Die wichtigsten Papierfasern sind Baumwolle, Leinen-, Hanf-, Holz-, Stroh-, Esparto- und Maisfaser. Von geringerer Bedeutung sind Schafwolle und Lederabfälle.

Die unveränderte Baumwollen-, Leinen- und Hanffaser wurde schon in der Einleitung ausführlich abgehandelt. Die dort angegebenen Kennzeichen sind für die Erkennung der Faser von höchster Wichtigkeit. Doch reicht man mit denselben keineswegs aus, da alle aus Hadern bereiteten Papiere aus demolirten Fasern bestehen, die ganz charakteristische Zerstörungserscheinungen an sich tragen, durch welche der ursprüngliche Charakter der Faser nicht selten bedeutend alterirt wird.

Die Zerstörungserscheinungen lernt man am besten an Fasern kennen, die in Geweben bereits ausgenützt wurden. Am leichtesten gelingt die Erkennung der Baumwollfaser, deren Wand beinahe stets wohlerhalten gefunden wird, und die noch stets von der Cuticula umgeben ist. Letztere umschliesst aber nicht mehr vollständig die Faser; an einzelnen Stellen blättert sie sich völlig ab, an anderen zeigt sie spiralig verlaufende Risse. Aber selbst an den Fasern der schlechtesten aus Baumwollhadern hergestellten Papieren, also an den am meisten beschädigten Fasern, sind noch grosse Strecken mit der Cuticula

überdeckt. Die Zellwand, obwohl in spiraliger Richtung zerklüftet, ist dennoch deutlich zu erkennen (Fig. 120 *B*). — Die im Gewebe ausgenützte Leinenfaser zeigt eine ganz charakteristische Zerstörungsform. An einzelnen Stellen erscheint die Zelle in Folge localen Auseinanderbrechens der Verdickungsschichten knotig aufgetrieben, die Faser ist mit Längsrissen durchzogen, das Lumen der Zelle ist nur mehr stellenweise zu sehen (Fig. 120 *A a*). An weiteren Zerstörungsstadien findet man reichlichere Längsrisse (*A b*). Der Zustand der heftigsten Zerstörung gibt sich in einer vollständigen Zerfaserung der Zelle kund (*A c*). — Die Zerstörungsformen der Hanffaser sind von jenen der Leinenfaser wenig verschieden. Immerhin zeigt sich aber die Sprödigkeit der Hanffaser in den abgerissenen Enden, welche stets kurzfaserig, etwa wie die Bruchfläche eines Holzspanes, nie so lang- und feinfaserig wie die der Leinenfasern sind. Die Querschnitts-Dimensionen der Hanffaser und ebenso die Reste unveränderter Fasern, die sich doch selbst in den aus dem schlechtesten Materiale angefertigten Papieren vorfinden, geben stets genugsam Anhaltspunkte zur sicheren Erkennung dieser Fasersorte.

Figur 120.



Vergr. 300. *A* Demolirte Leinen-, *B* demolirte Baumwollenfaser. *a* gebrochene, *b* zerklüftete, *c* zerfaserte Leinenfaser, *k* knotig aufgetriebene Bruchstellen. *B*, *w* Zellwand, bei *s* zerklüftet, *e* Cuticula.

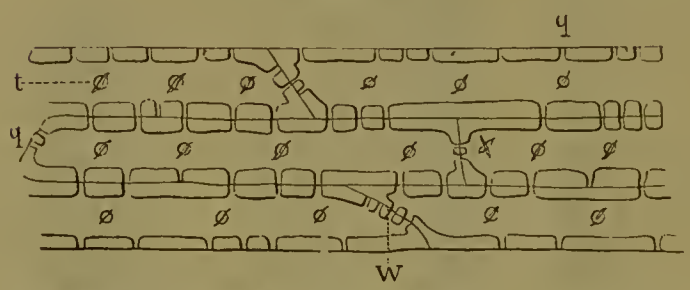
Der Nachweis der Holzfasern im Papiere ist in der Regel sehr leicht zu führen, da nach den gegenwärtig üblichen Methoden der Darstellung des „Holzstoffes“ nie eine vollkommene Zerlegung des Holzes in seine histologischen Elemente eintritt, sondern meist Gewebsstücke, die aus mehreren Zellen bestehen, an der Zusammensetzung der Holzpapiere theilnehmen, an denen wenigstens einzelne Zellen unverletzt sind.

Die Holzarten, aus welchen gegenwärtig Papier bereitet wird, sind: Tannen-, Fichten-, Föhren- und Zitterpappel-, Ahorn- und Lindenholz.

Zwischen Nadelholz und Laubholz im Papier zu unterscheiden, ist sehr leicht. An den weiten mit grossen Tüpfeln versehenen Holzzellen erkennt man die Nadelholzfaser, an den charakteristisch verdickten Gefässen die Gegenwart eines Laubholzes gleich auf den ersten Blick unter Mikroskop.

Um zu unterscheiden, welche Art von Nadelholz im Papiere vertreten ist, hat man seine Aufmerksamkeit auf die Form und Grösse der Markstrahlen zu lenken (Fig. 121—123).

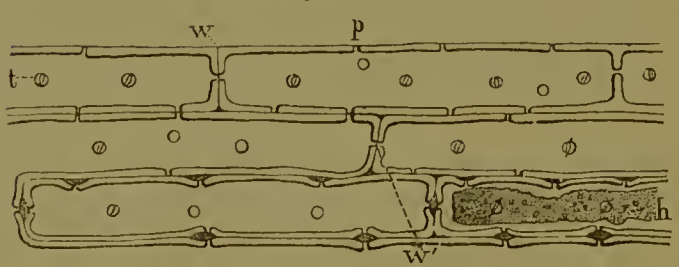
Figur 121.



Vergr. 300. Markstrahlen der Tanne in der Radialansicht. *t* Tüpfel, *q* Poren.

Die Art eines Laubholzes lässt sich schon aus der Structur der Gefässwände ermitteln. Zur Controle kann man die Markstrahlen- und Holzzellen benützen.

Figur 122.



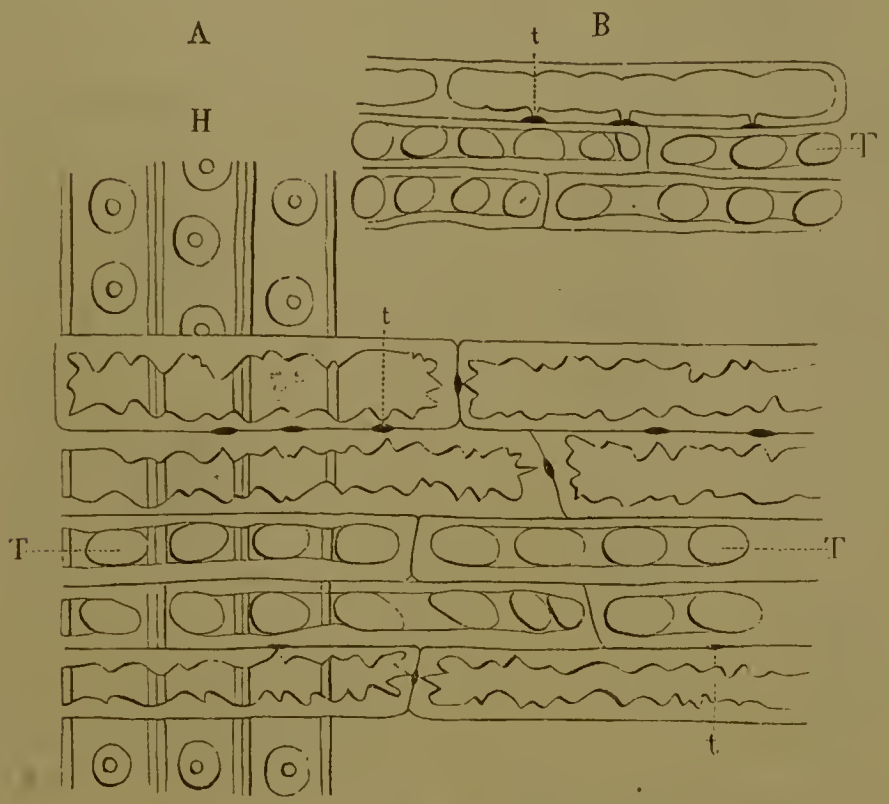
Vergr. 300. Markstrahlen der Fichte in der Radialansicht. *t* Tüpfel, *p* Poren, *h* Harziger Inhalt der Zelle, welcher sich auf Einwirkung von Chromsäure von der Wand ablöste.

Die Linde ist an den eigenthümlichen Gefässen, deren secundäre Verdickungsschichten porös, deren tertiäre spiralig sind [1]), leicht zu erkennen. Ueber Ahornholz verweise ich auf die ausführliche Beschreibung auf p. 141. Die im Holze der Zitterpappel vorkommenden Gefässe stimmen in Form und Grösse der Tüpfel mit den Gefässen der Rothbuche überein, unterscheiden sich aber von diesen dadurch, dass die Tüpfel nicht stets dicht aneinander-

[1]) Fig. 22 p. 54.

gereiht an der Gefässwand liegen [1]). Die Holzzellen der Zitterpappel sind überaus dünnwandig, die des Linden- und Ahornholzes diekwandig.

Figur 123.



Vergr. 300. *A* Radialer Längenschnitt durch das Holz der Kiefer, *H* Holzzellen, *t* Tüpfel an den äusseren, zackigverdickten, *T* Tüpfel an den inneren Markstrahlenzellen.
B Radial durchschnittene Markstrahlenzellen der Weymouthskiefer. *t* und *T* wie in *A*.

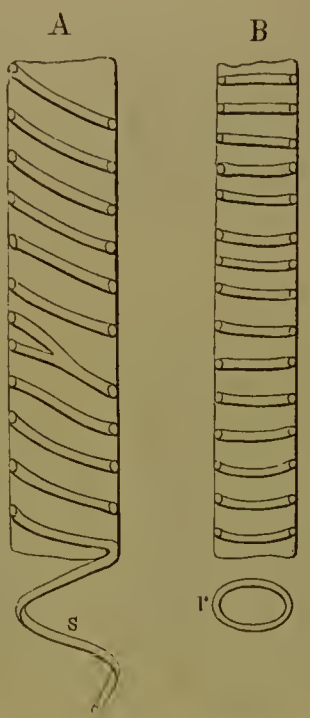
Alle aus Stroh bereiteten Papiere enthalten ausser langen Bastfasern noch Bruchstücke von Ring-, Spiralgefässen und Oberhautzellen, Spiralfragmente, ferner von der Gefässwand abgefallene Ringe, und Gruppen von Parenchymzellen. Das Strohpapier bietet deshalb, ganz abgesehen von der eigentlichen Strohfaser (Bastzellen des Strohs) eine Menge sicherer mikroskopischer Kennzeichen dar.

Die Bastfasern des Getreidestrohes stimmen in den Dimensionen des Querschnittes mit der Leinenfaser nahezu überein. Auf den ersten Blick sind aber beide von einander zu unterscheiden, indem die Leinenfaser ungemein dickwandig, die Strohfaser aber relativ dünnwandig ist. Während bei ersterer das

[1]) Vergl. Fig. 73 *A* p. 134.

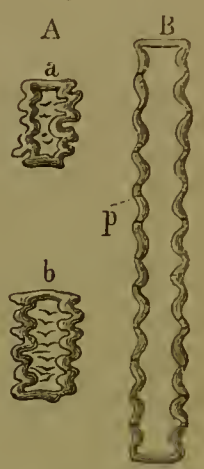
Lumen der Zelle fast nur auf eine dunkle Linie zusammengedrängt ist, nimmt es bei letzterer $^2/_3$—$^1/_3$ des Querdurchmessers der Faser ein. Ueberdies ist die Faser des Strohpapiers meist

Figur 124.



Vergr. 250. *A* Fragment eines Spiral-, *B* eines Ringgefässes aus dem Roggenstroh, *s* von der primären Membran losgelöste Spirale, *r* abgelöster Ring.

Figur 125.



Vergr. 250. *A* Oberhautzellen vom Espartohalme, *B* vom Roggenstroh, nach kurzer Einwirkung von Chromsäure, wodurch die Zellen isolirt wurden, und die Zellwände Schichtung annahmen, *p* Poren in der Zellwand.

wohlerhalten, höchstens stellenweise zerquetscht, hingegen jene des Leinenfaserpapiers, weil aus Hadern bereitet, in ganz eigenthümlicher Weise zerbrochen oder zerfasert.

Ueber die näheren Details der Bastfaser des Strohes verweise ich auf Absch. IV, p. 111.

Je geringer die Menge der Gefässfragmente, Oberhaut und Parenchymzellen in einem Strohpapiere ist, desto besser ist seine Sorte.

Die Oberhautzellen verlieren sich bei der Abscheidung der Strohfaser aus dem Rohmateriale nicht in demselben Maasse als das Parenchym und die Gefässe, indem sie einerseits durch die beinahe stets zahnradartig gestalteten Seitenwände (Fig. 125) an den Bastfasern haften bleiben und andererseits viele von den Oberhautzellen schon von Natur aus der Faser anhaften, und zwar mit solcher Festigkeit, dass ihre vollständige Abtren-

nung selbst bei der besten Fabrieationsmethode zur Unmöglichkeit wird.

Die Anwesenheit der Oberhautzellen kann man mit Vortheil zur Erkennung der Art des Strohes, aus welchem ein Papier bereitet wurde, benützen [1]). Die Quersehnittsdimensionen der Bastzellen, einsehliesslieh der Dieke der Zellwand, führen allerdings aueh auf das Papiermateriale. Doeh wird man wohl nie genöthigt sein, zu diesem unbequemen Auskunftsmittel zu greifen, da es selbst in den reinsten Strohpapieren nie an Oberhautzellen fehlt. Die Charakteristik der Oberhautzellen des Getreidestrohs wurde sehon früher (p. 96) ausführlieh mitgetheilt.

Eine grosse Zahl von Untersuehungen führt mich zu dem Sehlusse, dass vorzugsweise aus Roggenstroh Papier bereitet wird. Grossentheils wird dessen Faser mit Hadern gemengt.

Die Espartopapiere werden aus den Halmen des Espartograses [2]) bereitet. Die Bastfaser dieser Pflanze stimmt mit der Leinenfaser sowohl in den Dimensionen als in der Verdiekung überein. Aber sehon der Umstand, dass die Espartopapiere aus wohlerhaltenen, die Leinenpapiere aus gebroehenen oder gar zerfaserten Zellen bestehen, leitet den Beobaehter auf den riehtigen Weg. Siehere Anhaltspunkte bieten die Längen der Bastfasern, die Anwesenheit von Gefässfragmenten und Oberhautzellen. Die Espartofaser ist nämlieh so kurz, dass man beinahe in jedem Gesiehtsfelde natürliehe Enden der Faser in Form von lang zugespitzten Kegeln vor sich hat, und manehmal die ganze Länge der Faser überbliekt. Die kurzen buehtigen Oberhautzellen des Espartohalmes (Fig. 125 *A*) fehlen in diesen Papieren nie und geben das sieherste, jeden Zweifel aussehliessende Mittel zur Naehweisung des Papiermateriales ab.

Die Maispapiere [3]) enthalten theils die Faser sämmtlieher oberirdiseher Theile der Maispflanze, theils blos die Faser aus

[1]) Mikroskop. Erkennung der Stroh- und Espartopapiere, l. c.

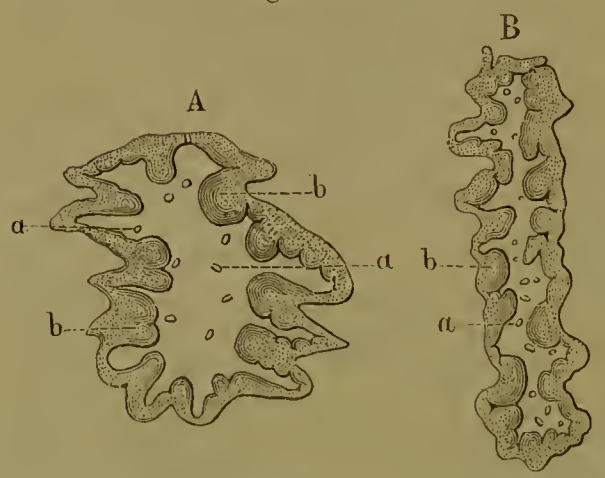
[2]) Das Espartogras (Stipa tenacissima Linn. oder Makrochloa tenacissima Kunth.) ist über Südeuropa und Nordafrika verbreitet; in ungeheuren Massen tritt es in Central- und Südspanien an dürren Plätzen auf. Die Halme werden zu Seilen, Tauen u. s. w. verarbeitet und als solche auch nach Frankreich und England ausgeführt.

[3]) Mikroskop. Untersuchung der Maislische und der Maisfaserproducte, l. c.

den Kolbenblättern (Lischen) des Mais. Wir werden im Nachfolgenden blos auf die aus Lischen bereiteten Papiere Rücksicht nehmen, da die anderen nur mehr eine historische Bedeutung besitzen [1]).

Die Zusammensetzung der Maispapiere wird erst durch den anatomischen Bau der Maislische, der übrigens höchst einfach ist, verständlich. Die Maislische besteht wie jedes Blatt aus Oberhaut, Parenchym und Gefässbündeln. Die Oberhaut besteht der Hauptsache nach aus folgenden Zellen: aus überaus grossen rechteckigen, an der oberen Blattseite liegenden Zellen [2]), aus tief wellenförmig contourirten, an der unteren Blattseite vorkommenden Oberhautzellen, von welchen die schmalen (Fig. 126 *B*) über den Gefässbündeln, die breiten (Fig. 126 *A*) über dem Parenchym liegen, aus Kieselzellen [3]), aus Spaltöffnungszellen, welche in grosser Zahl an der unteren Blattseite, in verschwindend geringer Menge an der oberen Blattseite vorkommen, endlich aus Haaren zweierlei Art [4]). —

Figur 126.



Vergr. 250. Oberhautzellen von der unteren Blattfläche der Maislische nach kurzer Einwirkung von Chromsäure. *a* Poren, *b* Schichten der Zellwand.

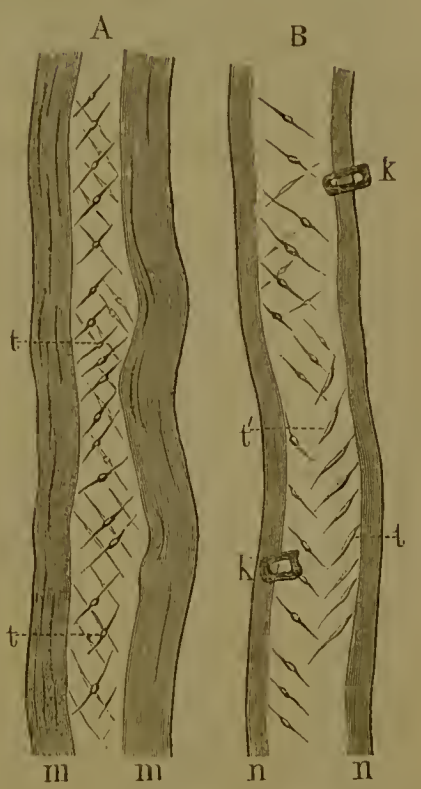
Das Parenchym besteht aus grossen, weiten, lufterfüllten,

[1]) Ich untersuchte die Maispapiere von J. C. Schäffer aus dem Jahre 1766, von L. Piette (von 1838), von M. Diamant (von 1856) und von v. Auer (von 1863). Blos die Auer'schen sind aus Lischen, die anderen aus dem gesammten Maisstroh bereitet. Die Faser des Maishalmes ist allerdings fester, als die der Lische, aber ihre Abscheidung ist mit grossen Schwierigkeiten verbunden, was schon der Umstand beweist, dass man sie im Papiere stets nur im Zustande heftiger Demolirung vorfindet. Die Lischen sind weitaus reicher an Bastfasern, als die Stengel, und gelingt auch die Abscheidung der Faser ungemein leicht. Da nun trotz der Dünnwandigkeit der Lischenfaser die hieraus bereiteten Papiere dennoch durch grosse Festigkeit sich auszeichnen, indem die Faser in nahebei unverändertem Zustande im Papiere liegt, so hat man es hier mit einem kostbaren Papiermateriale zu thun.

[2]) — [4]) s. Fig. 67 und 68 p. 124.

hin und wieder stärkeführenden Zellen. Das Gefässbündel besteht aus überaus breiten, jedoch nicht stark verdickten Bastzellen (Fig. 127), über deren Bau ich auf das Frühere (Abschn. V, p. 112) verweise, ferner aus Poren-, Ring- und Spiralgefässen und ähnlich verdickten Leitzellen.

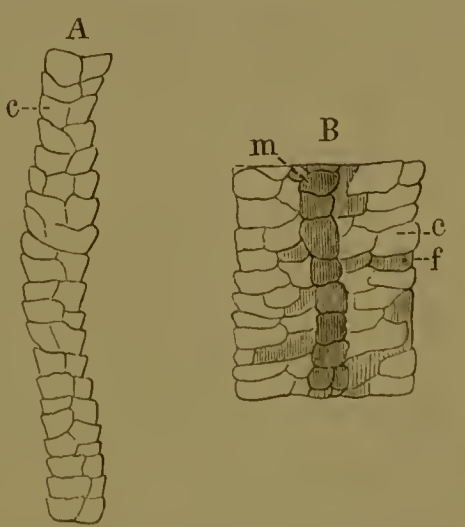
Figur 127.



Vergr. 380. Fragmente von Bastzellen aus der Maislische nach kurzer Einwirkung von Chromsäure. *m m*, *n n* Zellwände, *t* spaltenförmige Poren, *k* Kieselzellen der Oberhaut, welche an der Faser haften.

Die Maispapiere bestehen der Hauptmasse nach aus Bastzellen. Ausserdem führen sie noch viele Gefässfragmente, Leitzellen und ganz grosse Oberhautstücke, welche von der unteren Blattseite herrühren. Die anderen histologischen Elemente der Maislische, selbst Haare und Parenchym, treten in den Papieren nur spurenweise auf. Die glänzenden Schüppchen, welche die Oberfläche der Maispapiere überlagern, sind grosse Gewebsstücke, meist Oberhaut; letztere nimmt deshalb einen wesentlichen Antheil an der Zusammensetzung der Maispapiere [1]).

Figur 128.



Vergr. 200. Fragmente von Schafwollhaaren. *A* unverändert. *B* nach Einwirkung von Chromsäure, *c* Cuticula, *f* Faserschichte, *m* Mark.

Schafwolle findet sich in den ordinärsten Papieren, in grösster Menge in den schwarzen Fliesspapieren vor. So wie alle Thierhaare, so zeichnet sich auch die Schafwolle, den vegetabilischen Fasern gegenüber, durch einen hohen Grad von Dauerhaftigkeit aus. Dieser Umstand macht es erklärlich, dass das Schafwollhaar, trotz der zerstörenden Einflüsse, welche während der Ausnützung im Gewebe und im Laufe der Papierbereitung auf

[1]) Maispapier ist das einzige von allen Papieren, welches grosse Massen anderer als Faserzellen führt. Die Papiere zählen trotzdem zu den festesten

dasselbe einwirkten, dennoch in ganz unverletztem Zustande an der Zusammensetzung des Papieres Antheil nimmt. Es kann deshalb hier auf das über die Erkennung der unverletzten Schafwollfaser in der Einleitung Gesagte (p. 172) verwiesen werden. Aus leicht begreiflichen Gründen ist die Schafwollfaser im Papiere beinahe immer gefärbt.

Lederpapiere und Lederpappen enthalten ausser Leder in fein vertheiltem Zustande noch vegetabilische Fasern, da sie aus Lederabfällen und Hadern bereitet werden.

Das Leder tritt in diesen Objecten theils in Plättchen, theils in kleinen Strängen auf. Beide bestehen aus Bindegewebsbündeln, deren Zusammensetzung aus Bindegewebsfasern (p. 177) an vielen Stellen kenntlich ist. Lederstränge im Papiere, welche schon ganz und gar in Fibrillen zerfallen sind, haben einige Aehnlichkeit mit zerfaserten Leinenfasern. Durch Anwendung von Jodtinctur, welche die Leinenfaser nur schwach, das Bindegewebe hingegen intensiv goldgelb färbt, oder durch Jodtinctur und Schwefelsäure, welche die erstere himmelblau, letzteres hellbraun färben, kann man sich vor Irrthum bewahren.

b) **Zustand der Faser.** Die Dauerhaftigkeit und Festigkeit eines Papiers wird nicht nur durch die Art der Faser, sondern auch durch den Zustand bedingt, in welchem sie an der Zusammensetzung des Papieres Antheil nimmt. Die Diamant'schen Maispapiere sind beispielsweise aus der Faser des Maishalmes, die Auer'schen aus den Fasern der Lischen bereitet. Obschon die Bastzelle des Halmes jene der Lische an Festigkeit übertrifft, sind dennoch die Auer'schen Papiere unvergleichlich fester. Papiere aus Leinenfasern kennt man in den verschiedensten Graden der Festigkeit. Untersucht man die Faser aller dieser Papiere genau unter Mikroskop, so überzeugt man sich alsbald von der Verschiedenartigkeit ihres Zustandes. Die Faser der Diamant'schen Papiere ist kurz und zerbrochen, die der Auer'schen Papiere lang und wohlerhalten; die Fasern der Leinenpapiere

---

die man kennt. Es ist immerhin einer Beachtung werth, dass sich auch Plättchengewebe (Oberhaut) zur Herstellung guter Papiere eignen.

sind entweder unverändert oder gebrochen, zerklüftet, oder zerfasert [1]), ebenso sind ihre Längen höchst variabel.

Die Angabe der mechanischen Beschaffenheit der Fasern gehört deshalb in den Bereich der Untersuchung des Papiers und darf in der mikroskopischen Analyse des letzteren um so weniger fehlen, als die mikroskopische Untersuchung hier durch keine andere Untersuchung ersetzt werden kann.

Jede der verschiedenen Papierfasern bietet verschiedene Zerstörungserscheinungen dar, die alle von dem feineren Bau dieser Zellen abhängen. Im Allgemeinen lässt sich nur sagen, dass die bereits in Demolirung begriffene Zelle der Länge nach ganz wohlerhalten sein kann, während sie nach den Richtungen des Querschnittes bereits der mechanischen Zerstörung verfallen ist und umgekehrt. Hierauf hat man bei der Prüfung auf den Zustand der Faser zuerst zu achten und besondere Aufmerksamkeit auf die Länge der Faserfragmente zu lenken, da gerade diese es ist, von welcher der Zusammenhang im Papiere vorzugsweise abhängt. Die Dicke der Faser spielt hier eine geradezu untergeordnete Rolle.

Die längsten Fasern habe ich in den japanesischen Papieren [2]) gefunden. Das Materiale zu diesem Papier bietet der Bast des Papier-Maulbeerbaumes (Broussonetia papyrifera), dessen Zellen im Papiere in meist ganz unverändertem Zustande liegen und oft die beispiellose Grösse von 16^{mm} erreichen.

---

[1]) Siehe Fig. 120, p. 221.

[2]) Diese Papiere, in Europa häufig zu sehen, dienen zum Zeichnen, als Enveloppe für werthvolle Gegenstände, gemahlt zu Tapeten, eine Sorte davon dient in Japan zu Sacktüchern die nach dem Gebrauche weggeworfen werden, u. s. w. Die Bastfaser, als solche leicht zu erkennen, hat den Querschnittsdurchmesser der Hanffaser, ist aber dünnwandig, ferner platt und häufig um sich gewunden etwa wie Baumwolle. In meiner Arbeit: Mikroskop. Unters. der Papierfasern l. c. sprach ich mich dahin aus, dass die japanesischen Papiere aus dem Baste einer Dicotylen-Pflanze bereitet werden. Der anatomische Bau liess dies mit Sicherheit erschliessen; über die nähere Abstammung konnte ich damals noch nichts Bestimmteres angeben. Durch Kaempfer's Amoeniates exoticae, welche Angaben über die Bereitung des Papieres in Japan enthalten, geleitet, habe ich neuerdings Untersuchungen über die Abstammung der Faser angestellt, bei welchen ich zu dem oben angegebenen Resultate gelangte.

Von unseren Papieren sind im Allgemeinen die Leinen- und Baumwollenpapiere die langfaserigsten, Holzpapiere die kurzfaserigsten; die Strohpapiere halten zwischen beiden die Mitte.

Zur Bezeichnung des mechanischen Zustandes der gewöhnlichen Papierfasern mögen die nachfolgenden Bemerkungen dienen.

Die Leinenfaser ist nur äusserst selten unverändert; in den besten Papieren (alte geschöpfte Papiere) erscheint sie schon stellenweise gebrochen, eine Zerstörungsform, die schon nach kurzer Zeit jede gezwirnte Leinenfaser trifft. Nach lange andauernder Ausnützung im Gewebe oder bei Herstellung der Halbzeuge wird sie von den Bruchstellen aus nach der Richtung der Faser zerklüftet. Bei gewaltsamer Demolirung im Verlaufe der Papierfabrication wird die Faser in lange, fadenförmige Fasern zerrissen, zerfasert (Pausepapier oder sogen. französisches Strohpapier).

Die Hanffaser, weitaus brüchiger als die vorhergehende, erleidet vornehmlich eine Zerstückelung der Länge nach.

Die Baumwollenfaser ist der Quere nach meist wohlerhalten. Doch ist sie der Länge nach leichter als die Leinenfaser zu zerstücken. In schlechterem Baumwollhadern-Papiere kommen nur kurze Faserfragmente vor. Die Zerstörungsstadien der Baumwollfaser, wie sie in den Papiersorten auftreten, sind der Reihe nach folgende: Stellenweise Abblätterung der Cuticula, schiefe Zerklüftung der Zellwand, endlich Ablösung ziemlich langer, riemenförmiger Stücke von der Zellwand. Die Zerstückelung der Faser scheint von diesen Zerstörungsstadien ziemlich unabhängig vor sich zu gehen.

Die Strohfasern und die nahe verwandten Fasern der Maislische und des Espartograses, ebenso die Fasern der japanischen und chinesischen Papiere, die alle direct aus Pflanzenstoffen abgeschieden wurden, zeichnen sich gegenüber den von Hadern herrührenden Fasern dadurch aus, dass sie beinahe im unverletzten Zustande im Papiere liegen. Nur die Faser der Maislische, die relativ dünnwandigste von den genannten, ist manchmal stellenweise zerdrückt oder zerrissen. Natürliche Enden sieht man an den genannten Papierfasern überaus häufig, in Papier aus Leinen-, Baumwoll- und Hanfhadern beinahe nie.

Den Gegensatz zu den Fasern der Strohpapiere bilden die Fasern der Holzpapiere. Obgleich wie jene direct aus Pflanzenstoffen abgeschieden, befinden sie sich im Papiere zumeist im Zustande heftiger Zerstörung. Der Grund hiervon liegt gewiss darin, dass man bei der Abscheidung der Strohfaser chemische, bei jener der Holzfaser mechanische Mittel in Anwendung bringt [1]).

Die Faser der Holzpapiere sind nie vollkommen isolirt, zum grossen Theile haften noch mehrere so fest wie im Holzkörper aneinander.

Auf die Grösse und Menge dieser Stücke hat man in der mikroskopischen Analyse der Holzpapiere Rücksicht zu nehmen. Es versteht sich von selbst, dass die Güte des Papiermateriales im umgekehrten Verhältnisse sowohl zur Grösse als zur Menge der Holzstücke steht.

Die Gefässe des Holzes in aus Laubhölzern bereitetem Papier (im Nadelholze kommen keine Gefässe vor) sind stets selbst in den besten Papieren gebrochen. Die Markstrahlenzellen sind selbst in den schlechtesten Holzpapieren stets wohl erhalten, da diese Art von Zellen geradezu unverwüstlich ist. Die Holzzellen, die Hauptbestandtheile der Holzpapiere, sind jedoch beinahe immer ruinirt. Im Aussehen sind sie nie mit zerstörten Leinen-, Baumwollen- oder Hanffasern zu verwechseln. Sie sind meist sehr kurz und entweder zerfasert oder zerklüftet, je nachdem sie mehr oder weniger bei der mechanischen Verarbeitung gelitten haben.

II. Prüfung der Leimung, der Füllstoffe und der Färbungsmittel des Papiers.

Die mikroskopische Untersuchung muss häufig, wenn es sich um genaue Angaben über Leimung, über pulverige Beimengun-

[1]) Einige von mir untersuchte französische Holzpapiere sprechen dafür, dass man auch schon chemische Mittel zur Gewinnung der Holzfaser angewendet hat. Die Fasern solcher Papiere sind ziemlich wohlerhalten, indem ihre Abtrennung von dem Gewebe des Holzes hauptsächlich durch Auflösung der Intercellularsubstanz erfolgte.

gen und Färbemittel des Papieres handelt, der gewöhnlichen chemischen Untersuchung weichen. Doch dürften manche Beobtungen, die bei der Prüfung der Papiere auf die Faser von selbst sich ergeben, die gewöhnliche Nachweisung dieser Stoffe wesentlich erleichtern, in manchen Fällen vielleicht überflüssig machen, was besonders dann von grosser practischer Wichtigkeit sein dürfte, wenn nur kleine Quantitäten des Papiers zur Untersuchung vorliegen.

Zur Leimung der Papiere dienen vornehmlich drei Körper: Stärkekleister, thierischer Leim und eine Alaun-Harzseife. — Setzt man zum zerfaserten Papier einen Tropfen Jodlösung zu, so färben sich bei Gegenwart von Stärkekleister kleine, den Fasern anhaftende Kleisterballen intensiv blau. Salpetersaures Quecksilberoxydul färbt bei Gegenwart von thierischem Leim die Faser stellenweise roth. Das Nichteintreten der Stärke- oder Leimreaction an einem geleimten Papiere macht die Gegenwart einer zur Leimung verwendeten Harzseife wahrscheinlich. Zur Feststellung der Vertheilung des zur Leimung dienenden Materiales im Papiere leistet das Mikroskop vorzügliche Dienste.

Als Füllstoffe wendet man vorzugsweise Gyps, Baryt, Talk und kieselsaures Kali an. In mehreren Sorten japanischer Papiere fand ich eine Unmasse Reisstärke, in einem imitirten chinesischen Seidenpapier [1]) Weizenstärke als Füllstoffe.

Die Füllstoffe sind mechanisch dem Papiere beigemengt, sie liegen zwischen den Fasern in Körnerform und haften nicht selten der Faser an. Findet man bei der Prüfung auf die Faser keine Körnermasse vor, so ist man der Mühe überhoben durch die gewöhnliche Analyse auf Füllstoffe zu prüfen. Der mikrochemische Nachweis der mineralischen Füllstoffe ist zur Zeit noch nicht mit Sicherheit zu führen. Schüppchenförmige Körperchen mit krystallinischem Bruche machen die Gegenwart von Talk wahrscheinlich.

In Bezug auf die mikroskopische Erkennung der Färbemittel des Papiers müssen wir uns hier auf ein kleines Gebiet, nämlich blos auf die Untersuchung jener sogen. ungefärbten Papiere, denen

[1]) Dieses Papier war aus Leinenhadern bereitet.

man sehr häufig durch Indigo, Berlinerblau, Smalte oder Ultramarin einen blauen Farbenton gibt, beschränken. Gerade hier scheint aber der mikrochemische Nachweis wegen der geringen Menge der färbenden Substanz im Papiere von Werth zu sein.

Indigo färbt die Faser, während Berlinerblau, Smalte und Ultramarin in Körnerform zwischen den Fasern liegen.

Die durch Indigo gefärbten Fasern werden durch Salpetersäure sofort entfärbt und nehmen hierbei einen leicht bräunlichen Farbenton an.

Smalte, Ultramarin und Berlinerblau geben sich schon ohne Zuhilfenahme von Reagentien zu erkennen. Bei etwa 200- bis 300facher Vergrösserung erscheinen alle Smalte-Splitter, deren Dicke geringer als 0·018^{mm} ist [1]), vollständig farblos, alle grösseren Splitter haben blos einen blassbläulichen Farbenton. Ultramarin- und Berlinerblaukörnchen sind bei der genannten Vergrösserung stets blau. Erstere sind durchscheinend und in der ganzen Masse hellblau, letztere sind blos an den Kanten durchscheinend, die Hauptmasse des Körnchens erscheint schwarz. Ultramarinkörnchen lassen sich auf der Objectplatte nur schwer zerdrücken, Berlinerblaukörnchen sehr leicht. Die dadurch entstandenen kleinsten Körnchen des Ultramarins erscheinen lichtbläulich, die des Berlinerblau himmelblau, erstere ruhen im Wasser, letztere zeigen die lebhafteste Molecularbewegung.

Berlinerblaukörnchen werden durch Kalilauge in helle, homogen erscheinende, goldgelbe Splitter verwandelt, und durch Salzsäure nicht verändert. Ultramarinkörnchen verwandeln sich durch Säure in graue Flocken, in welche eine grosse Zahl bräunlicher, ungemein kleiner Körnchen eingebettet ist; durch Kalilauge erleiden sie keine Veränderung. Smalte-Splitter werden weder durch Säure noch durch Alkalien beeinflusst; selbst die groben, deutlich blau gefärbten Splitter behalten vollständig ihre Farbe.

[1]) Da alle Körnchen auf dem Objectträger stabil ruhen, so kann man annehmen, dass alle Körnchen, deren Breite gleich oder kleiner als 0·018^{mm} ist, auch eine Dicke unter 0·018^{mm} haben.

Anhang.

1.

Untersuchung der chinesischen Papiere. Zur Ermittelung des Materiales, aus welchem diese in mehrfacher Beziehung von den unseren abweichenden Papiere bereitet werden, und ferner zur Feststellung der Erkennungsmittel einiger Sorten dieser Papiere, welche wegen ihrer ausgezeichneten Eigenschaften auch bei uns eine ausgedehnte Anwendung finden und deshalb zu einer nicht unwichtigen Handelswaare geworden sind, unternahm ich eine Reihe mikroskopischer Untersuchungen, deren Resultate, soferne sie eben dem Zwecke dieser Abhandlung dienlich sind, ich hier kurz angebe.

Die chinesischen Papiere zerfallen, ihrem Materiale nach, in drei verschiedene Sorten, welche ich vorläufig mit den Namen Mark-, Stroh- und Bastpapiere bezeichnen will.

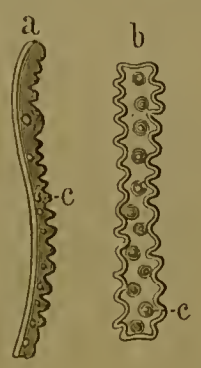
Die Markpapiere, in Europa als Reispapiere (papier de ris) bekannt, sind aus dem Parenchym dicotyler Pflanzen, und zwar entweder aus dem Marke der Aralia papyrifera, einer Araliacee, oder aus dem Marke der zu den Leguminosen gehörigen Aeschynomene paludosa geschnitten. Das Reispapier dient in China zum Malen, bei uns zur Verfertigung künstlicher Blumen; es macht in Glanz und Aussehen auf das unbewaffnete Auge den Eindruck eines Seidengewebes. Das gewebeartige Aussehen dieses Papieres wird dadurch hervorgerufen, dass das Mark der Länge nach durchschnitten ist, wobei die Zellen reihenweise übereinander gestellt erscheinen und deshalb die durchschnittenen Innenräume der Zellen ganz den Eindruck hervorbringen, wie die zwischen den Fäden eines Gewebes liegenden Lücken. Durch die Loupe erkennt man sofort die zellige Structur. Im Mikroskop erblickt man seehseckige, mit zahlreichen unregelmässig vertheilten Poren versehene, etwas verdrückte Zellen [1]). Die grössten Reispapiere, die ich gesehen (chinesische Gemälde), hatten eine Oberfläche

[1]) Sie stimmen in Grösse und Form nahezu mit den Zellen des Hollundermarkes (Fig. 18, p. 50) zusammen.

von 11 Quadr. D. M. Ihre Dicke bestimmte ich nach der oben p. 187 angegebenen Methode; sie betrug 0·28^{mm}.

Das chinesische Strohpapier. Die grösste Menge der von mir untersuchten chinesischen Papiere zeichneten sich durch Reichthum an Bastzellen, die mit Gefässfragmenten und Oberhautzellen untermengt sind, aus. Die Oberhautzellen führten mich auf die Vermuthung, dass Stroh als Papiermateriale diente, denn beinahe nur bei diesem Materiale haften die Oberhautzellen so fest an den Bastfasern an, dass es zur Unmöglichkeit wird, sie von der Papiermasse abzuscheiden. Die Oberhautzellen (Fig. 129) stimmen so vollkommen mit den überaus charakteristischen, mit warzenförmigen Erhabenheiten versehenen, häufig seitlich zusammengedrückten Oberhautzellen des Reishalmes zusammen, dass ich schon hieraus auf die Gegenwart des Reisstrohes im Papiere schloss. Die Dimensionen der Bastzellen (meist nur 0·0072^{mm} im Querschnitte), die Anwesenheit von kleinen Mengen stärkeführender Parenchymzellen und zarter Netzgefässe, die mit jenen des Reisstrohs vollständig übereinstimmten, lassen keinen Zweifel über das Materiale dieser Papiere aufkommen.

Figur 129.



Vergr. 250. Oberhautzellen des Reishalmes, aus chines. Tapetenpapieren. *a* von der Seite, *b* von der Fläche gesehen, *c* warzenförmige Erhabenheiten der Aussenfläche.

Alle von mir untersuchten chinesischen Tapetenpapiere waren aus Reisstroh verfertigt. Die Faser dieser Papiere ist meist vollkommen erhalten, beinahe an jeder Faser findet man wenigstens ein, manchmal beide natürliche Enden. Diese Papiere sind manchmal absichtlich mit Stärkekleister geleimt, und werden dann durch Jodlösung intensiv gefärbt; ruft dieses Reagens nur einen schwachen Farbenton hervor, dann rührt diese Reaction wohl nur von jenen Stärkekörnern her, die von den Parenchymzellen umschlossen werden. Das Mikroskop entscheidet sofort, ob die Stärke nur zufälliger Gemengtheil des Papieres ist, oder ob sie absichtlich behufs Leimung beigegeben wurde.

Das sogenannte chinesische Seidenpapier, welches auch bei uns zu Kupferstichen, Xylographien und Lithographien viel-

fach angewendet wird, besteht aus Bastzellen, Gefässfragmenten und langen Bastparenchymzellen, stammt deshalb vom Gefässbündel einer monocotylen Pflanze ab. Der gänzliche Mangel an Oberhautzellen schliesst die Abstammung der Faser von Stroh-, Gräsern und überhaupt von dünnhalmigen Gräsern aus. Die Faser des Seidenpapiers kann deshalb nur von solchen Monocotylen abstammen, deren Stämme dick genug sind, um die Abtrennung der Oberhaut vollständig und ohne erhebliche Verluste an Fasern zuzulassen.

Verlässliche Angaben über die Abstammung der Faser dieses Papiers fehlen in der Literatur. Schacht[1]), welcher meines Wissens zuletzt über dieses Papier schrieb, sagt, dass die Pflanze, von welcher die Bastzellen desselben abstammen, nicht bekannt ist. Durch die Mittheilung älterer Technologen über die Papiermaterialien der Chinesen war die Vermuthung nahe gelegt, dass man es hier mit dem Baste des Bambusrohrs zu thun habe[2]). Eine vergleichende mikroskopische Untersuchung hat gezeigt, dass die Formelemente, welche man in den Seidenpapieren findet, in Grösse und Bau genau mit jenen der jungen Bambusrohrtriebe zusammenstimmen.

Figur 130.

Vergr. 250. Bastzellen des Bambusrohrstammes, aus dem sogenannten chinesischen Seidenpapiere.

Die wichtigsten Ergebnisse der vergleichenden Untersuchung, die zugleich auf die charakteristischen Merkmale echter Seidenpapiere geführt haben, sind in Kürze folgende. Im Papier und im Rohre finden sich dreierlei Bastzellen: 1. kurze, im Mittel blos 0·72^{mm} lange, stark verdickte, schmale Zellen, deren Querdurchmesser im Mittel blos 0·0072^{mm} beträgt (Fig. 130 *a*); 2. lange, weite, runde, schwach verdickte Zellen mit einem mittleren Querschnitt von 0·017^{mm} (Fig. 130 *c*); endlich 3. lange, platte Zellen

[1]) Die Prüfung der im Handel vorkommenden Gewebe etc.

[2]) S. Piette. Die Fabrication des Papieres aus Stroh und andern Substanzen etc. Cöln, 1838.

mit theils weitem, theils schmalem Querschnitt, deren breite Theile manchmal wie die Baumwollfaser um sich gewunden sind (Fig. 130 *b*). Ausserdem enthält das Papier Fragmente zarter Poren- und Netzgefässe und überaus grosse Ringe, herrührend von Ringgefässen, die selbst in jungen Trieben des Rohrs häufig einen Durchmesser von 0·442^{mm} zeigen.

Dieses Papier ist ungeleimt, seine Fasern sind überaus wohlerhalten.

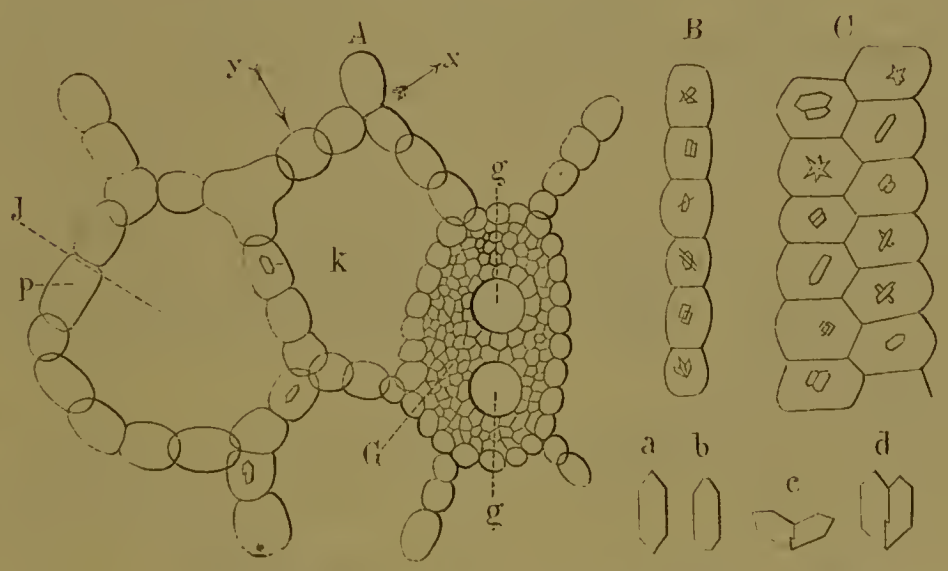
Naehgeahmte Seidenpapiere werden aus besseren Leinenhadern bereitet.

Einige im Wiener Detailhandel vorkommende Seidenpapiere enthalten als Füllmasse unveränderte Weizenstärke.

2.

Die mikroskopischen Kennzeichen des Papyrus der Alten. Das Mark der Papyrusstaude (Cyperus papyrus), aus welcher bekanntlich die Papyrusrollen der Aegypter u. s. w. geschnitten

Figur 131.



Vergr. 200. *A* Querschnitt durch das Mark der Papyrusstaude (Cyperus papyrus), *p* Parenchymzellen, *G* Gefässbündel, *g* Poreugefässe, *k* Krystall, *J* luftführender Intercellularraum, *B*, *C* Längenschnitte durch das Mark von Cyp. pap., *B* in der Richtung des Pfeiles *y*, *C* in der Richtung des Pfeiles *x* durchschnitten. Alle Zellen enthalten Krystalle (von saurem oxals. Kali?) deren Formen aus *a*—*d* zu ersehen sind.

wurden, ist ein schneeweisses, von zahlreichen, regelmässig vertheilten Intercellularräumen und von vielen dünnen, der Axe des Stengels parallelen Gefässbündeln durchsetztes Parenchym. Die

Zellen desselben sind nicht zu compacten Massen vereinigt, sondern setzen sich zu schmalen langen Strängen zusammen, welche zwischen sich die genannten grossen Intercellularräume frei lassen. Beinahe jede Parenchymzelle enthält grosse Krystalle, wahrscheinlich von saurem oxalsaurem Kali.

Die Papyrusrollen, wie wir sie heute zu sehen bekommen, enthalten bereits eine kleine Menge von Huminkörpern, welche durch partielle Zersetzung der Cellulose des Zellgewebes entstanden sind und diesen Papieren eine isabellgelbe Farbe verleihen. — Gegen das Licht gehalten, zeigt das Papier sowohl eine Längs- als Querstreifung, welche von den Gefässbündeln der Papyruspflanze herrühren. Da die Gefässbündel das Mark jedoch nur in senkrechter Richtung durchsetzen, so folgt hieraus, dass stets mehrere aus Mark geschnittene Blätter an der Zusammensetzung eines Papyrus Antheil nehmen. Legt man ein Stückchen dieses Papiers in Wasser, so löst sich das Bindemittel, mit welchem die Blätter aneinander geklebt waren, los, und mittelst Nadel und Pincette kann man es nun in mehrere — ich finde stets drei — Blätter zerlegen, von welchen jedes einzelne noch eine Dicke von beiläufig 0·08^{mm} besitzt, so dass das, übrigens nicht allerorts gleich dicke Papier nie ganz die Dicke von 0·3^{mm} erreicht.

In allen drei Lagen sind die Elemente des Gefässbündels sehr gut erhalten. Es sind dies zum Theile Bastzellen, zum Theile weite Porengefässe, welche ein Mittelding zwischen Treppen- und Netzgefässen bilden.

Die charakteristischesten Formelemente dieser Papiere sind die Parenchymzellen. In der unteren und oberen Lage sind dieselben einerseits durch die mechanischen Einflüsse, die bei der Papierbereitung thätig waren, so zerknittert, und andererseits ihre Membranen durch die atmosphärischen Einflüsse während des langen Liegens so abgewittert, dass man erst nach längerem Suchen die Zellformen erkennt. In der mittleren Lage erblickt man aber alsbald die schon genannten Parenchymstränge (Fig. 131 *C*) und deren Zellen, und im Inhalte der letzteren nicht selten noch wohlerhaltene Krystalle.

3.

Die vorliegende Abhandlung war blos dem fertigen Papiere gewidmet. Die mikroskopische Beobachtung hat jedoch, wie in der allgemeinen Einleitung dargelegt wurde, auch dem Studium der Papierfabrication zu dienen. Ohne in diesem Anhang die betreffenden Aufgaben des Mikroskops auch nur andeuten zu wollen, muss hier dennoch auf eine Erscheinung noch aufmerksam gemacht werden, deren wahre Ursache sich wohl nur im Verlaufe der Fabrication endgültig aufklären lässt, aber in ihrer grellsten Form doch erst in der fertigen Waare auftritt. Ich meine die dunklen Punkte und Flecken in den geleimten Papieren.

Beinahe alle geleimten Papiere, vorzüglich aber die mit vegetabilischer Leimung versehenen, zeigen runde braune oder schwarze Flecken, die man entweder schon mit freiem Auge oder doch mit der Loupe wahrnimmt. In grösster Menge treten sie in den Maispapieren auf. Diese Papiere haben mir denn auch das beste Materiale zum Studium dieser Flecken gegeben. Die Flecken rühren von Pilzen her, die sich nach erfolgter Leimung in der Papiermasse aus atmosphärischen Keimen entwickeln. Sie sind ein Conglomerat von Entwicklungsformen von Schimmelpilzen, und zwar: Sporen, Mycelien, Leptothrixkörnern und Leptothrixfäden, vornehmlich dem Formenkreise des gemeinen grünen Schimmels angehörig (vgl. p. 161—165). Diese Pilzcolonie wuchert in der Papiermasse und gestaltet sich zwischen den Fasern zu einem Körper von linsenförmiger Gestalt. Im trockenen Zustande, wie sie im Papiere liegt, zerstäubt die Masse durch Druck zu einem hellbraunen, manchmal braunrothen Pulver, in welchem sich stets noch deutliche Reste der Pilzformen nachweisen lassen.

DRITTE ABHANDLUNG.

Die Anwendung des Mikroskopes in der Zucker-Fabrication.

Im Gange der Zuckerfabrication tritt eine Reihe von Erscheinungen auf, welche ihren Grund in der Structur der Runkelrübe oder des Zuckerrohres und in der Vertheilung der Stoffe in den Geweben und Elementarorganen der zuckerreichen Organe beider Gewächse hat. Alle in diese Kategorie gehörigen Erscheinungen können durch die gewöhnliche chemische Untersuchung nicht auf ihre wahren Ursachen zurückgeführt werden.

Soll das Studium der Zuckerfabrication in allen seinen Theilen vom empirischen Standpuncte auf den rationellen sich erheben, soll dieser Zweig der technischen Wissenschaften die Processe nicht nur kennen, sondern auch verstehen lehren, dann darf die mikroskopische Untersuchungsmethode nicht zurückgewiesen werden; bei Untersuchung der berührten Erscheinungen muss sie geradezu an die Stelle der gewöhnlichen chemischen Untersuchung treten.

Die vorliegende Abhandlung hat zunächst den Zweck, den anatomischen Bau der Runkelrübe und des Zuckerrohres, ferner die Stofflagerung in beiden aufzuklären, um in Vereinigung mit den bekannten Ergebnissen der gewöhnlichen Massenanalyse des Rohres, der Rübe und der daraus gewonnenen Producte zur Kritik der Saftgewinnungsmethoden zu führen.

Wenn nun auch das Mikroskop in der Zuckerfabrication ein ausgedehnteres Gebiet zu beherrschen hat, nämlich eine Reihe von Detailfragen zu beantworten, welche den Saft, die Rohwaare und die fertigen Producte betreffen, Fragen, die sich im Vornherein gar nicht einmal systematisch aufzählen lassen, so setzt doch die genaue Kenntniss der Anatomie des Rohres und der Rübe und der Stofflagerung in beiden den Untersuchenden in den Stand, in allen einschlägigen Fragen sich zurecht zu finden.

I. Der anatomische Bau der Runkelrübe und die Stofflagerung in den Zellen und Geweben derselben [1]).

Führt man einen Quersehnitt (Fig. 133) durch die Runkelrübe, so erkennt man bei etwa 100facher Vergrösserung folgende, von aussen nach innen zu liegende Gewebe:

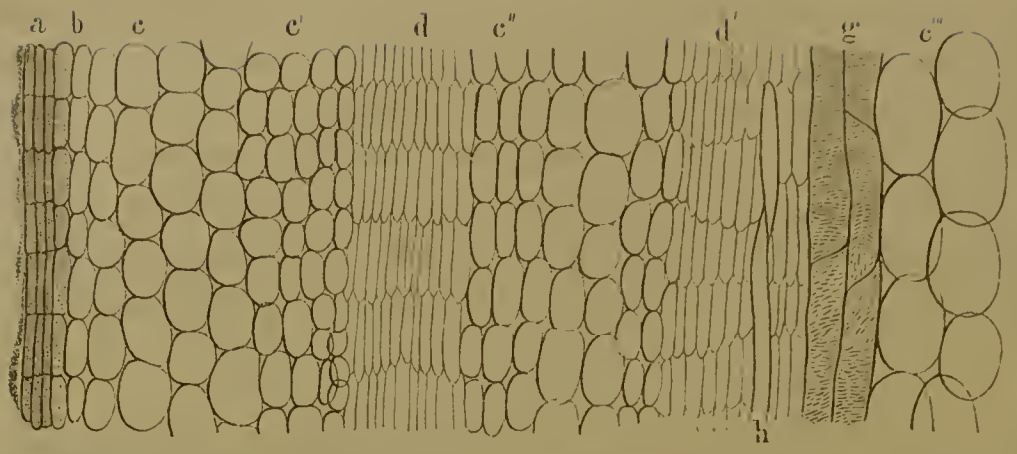
a) Periderm;
b) Parenchym;
c) Cambium, radial von kleinzelligem Parenchym (Markstrahlen) durchsetzt;
d) Parenchym;
e) Cambium, an dessen Innenseite Holzzellen und Gefässe liegen (Holzring), radial von grosszelligen Parenchymzügen (Markstrahlen) durchsetzt;
f) Parenchym.

Nun folgen in regelmässigem Wechsel Prosenchym (Cambium sammt Holzring) und Parenchym aufeinander. Die Zahl der Prosenchym- und Parenchymzonen ist eine sehr verschiedene. Im Centrum der Rübe liegt stets Parenchym.

---

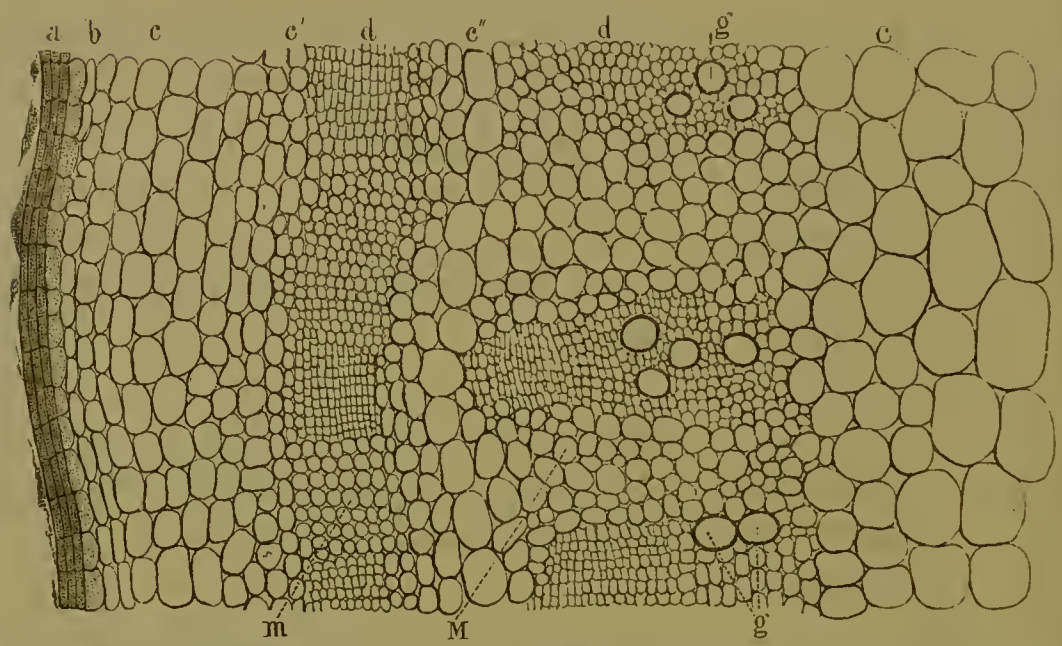
[1]) Die von Decaisne und Payen unternommenen betreffenden mikroskopischen Untersuchungen (*s. Payen. Précis de Chimie industrielle. T. II. Paris, 1859* und Walkhoff. Der practische Rübenzuckerfabricant. Braunschweig, 1858), weichen so sehr von den hier folgenden Ergebnissen ab, dass ich im Interesse der Darstellung es vermeiden muss, in den Details auf die Verschiedenheiten hinzuweisen, welche zwischen Decaisne's und Payen's Anschauungen einerseits und den von mir gewonnenen andererseits bestehen.

Figur 132.



Vergr. 120. Radialer Längenschnitt durch die Runkelrübe. *a* Periderm, *b*, *c*, *c'*, *c''*, *c'''* Parenchym, *d*, *d'* Cambium, *g* Porengefässe, *h* Holzzellen.

Figur 133.



Vergr. 120. Querschnitt durch die Runkelrübe. *a* Periderm, *b c c'* Rindenparenchym, *b* Korkmutterzellen, *c* Farbstoffzellen, *d* Rindenprosenchym, *c'' c'''* Parenchym, *d'* Cambium, *g* Gefässe, *m*, *M* Markstrahlen.

Führt man einen radialen Längenschnitt durch einen Markstrahl der Runkelrübe, so durchzieht das Messer blos Parenchymgewebe; führt man hingegen den Schnitt derart, dass er Cambium trifft und gleichzeitig radial läuft, so durchschreitet das Messer, wie beim Querschnitte, der Reihe nach wieder die Gewebe *a, b, c, d* u. s. w. (Fig. 132).

Das Periderm besitzt ein eigenartiges Gepräge. Das daran anschliessende Parenchym weicht von den inneren Parenchym-

zonen beträchtlich ab, wir werden es mit dem besonderen Namen Rindenparenchym belegen. Ebenso weicht die äusserste Prosenchymzone von den inneren nicht unwesentlich ab, wir wollen sie als Rindenprosenchym ansprechen.

Alle Parenchymzonen — das Rindenparenchym ausgeschlossen — stimmen untereinander und ebenso mit den Markstrahlen, welche die Verbindung zwischen sämmtlichen Parenchymzonen herstellen, in Bezug auf den Bau und den Charakter der Zellen überein. Ebenso lässt sich keinerlei Verschiedenheit in dem Baue der Prosenchymzonen auffinden.

a) **Das Periderm** (Fig. 132 und 133 *a*) bildet die äussere Umhüllung der Runkelrübe. Nach dem Aussehen und dem chemischen Charakter der Elementarorgane hat man zwei Arten desselben, das weisse und das braune Periderm, zu unterscheiden. Das weisse Periderm überwiegt an Masse; es liegt überall dort, wo die Rübe die bekannte blass-gelbröthliche Färbung zeigt. Das braune Periderm liegt an Wundstellen und am sogenannten Kopf der Rübe, hier über chlorophyllhältigem Parenchym. Selbstverständlich sind stark gefärbte Rüben überall dort, wo ihre Färbung deutlich hervortritt, mit weissem Periderm überdeckt.

Das Periderm besteht aus 2—6 Zellschichten, welche sich aus polygonalen, in der Flächenansicht rechteckig oder rhomboidisch erscheinenden Zellen zusammensetzen. Die Zellen liegen platt auf der Oberfläche der Rübe, sie sind Plättchenzellen, etwa wie die Elemente der Oberhaut. Ihre mittlere Länge beträgt 0·054, ihre Breite 0·039, ihre Dicke 0·009^{mm}. Im Mikroskope gesehen, sind die Membranen sämmtlicher Peridermzellen schmutzig gelb gefärbt, die des braunen Periderms intensiver als die des weissen. Sie umschliessen, wie alle Korkzellen, eine braune körnige Masse, welche im braunen Periderm in relativ grösserer Menge vorhanden ist.

Durch Jodlösung nimmt die Farbe der Membranen und des Inhaltes an Intensität zu; auf Zusatz von Schwefelsäure werden Membran und Inhalt hellbraun. — Durch Chromsäure werden sämmtliche Peridermzellen rasch isolirt und hierauf entfärbt. Mit Wasser ausgewaschen, werden sie durch Jod und Schwefelsäure graublau gefärbt. — In einer Lösung von Oxalsäure gekocht,

erfolgt eine Auflockerung im Gewebe des weissen Periderms, das braune Periderm erleidet hierbei keine Veränderung. — Alkalien und verdünnte Mineralsäuren bringen in beiden Arten des Periderms die gleichen Veränderungen hervor.

Aus diesen Reactionen ergibt sich, dass die Peridermzellen verkorkte Zellen sind. Die Zellen des braunen Periderms sind reicher an Korksubstanz als die des weissen. Die Zellmembranen des weissen Periderms befinden sich in einer Pectin-Korkmetamorphose, die des braunen Periderms in einer reinen Korkmetamorphose. —

Schabt man von der Oberfläche der Rübe, nachdem sie aus der Erde gekommen, gewaschen wurde und einige Zeit lagerte, die aufliegenden Körper mit einem derbklingigen Messer ab, so erhält man ein Geschabsel, in welchem ausser Resten des Periderms und erdigen Bestandtheilen noch kleine Mengen von Leptothrixkörnern und Hefezellen vorkommen. Zwischen den Körnchen und den Zellen lässt sich ein allmäliger Uebergang erkennen.

Die Hefezellen stehen der Weinmosthefe im Aussehen am nächsten.

Mit dem Geschabsel kann man Gährung einleiten.

b) **Das Rindenparenchym** (Fig. 132 und 133 *b cc'*) schliesst sich unmittelbar an das Periderm an. Seine äussersten Zellen stimmen in Form und Lage nahebei mit den jüngsten (innersten) Peridermzellen, welche aus diesen Zellen entstehen, überein. Die äussersten Rindenparenchymzellen, wir können sie Korkmutterzellen nennen, sind also platt wie die Peridermzellen. Je weiter die Rindenparenchymzellen vom Periderm entfernt sind, desto geringer ist ihre tangentiale Abplattung; je näher sie dem Rindenparenchym stehen, desto mehr sind sie in die Länge gestreckt. Im Rindenparenchym kann man also

äussere oder platte (Korkmutterzellen),
mittlere oder abgeplattet kugelige und } (Farbstoffzellen)
innere oder längliche }

Zellen unterscheiden. Die platten Zellen gehen aus dem plasmatischen Zustande direct in den verkorkten über. Die kugeligen und platten Zellen sind beinahe stets die Träger von Farbstoffe. Im „Kopfe“ der Rübe gelegen, führen sie stets Chlorophyll, an den

übrigen Orten beherbergen sie häufig einen rothen, im Zellsafte gelösten Farbstoff, der durch Alkalien blau wird. In Folge gleichzeitigen Auftretens eines eisengrünenden Gerbstoffes bringen Alkalien im Zellsafte eine grüne Mischfarbe hervor (S. p. 78).

Die Zellwände sämmtlicher Rindenparenchymzellen zeigen direct die Zellstoffreaction. Die Intercellularsubstanz dieses Gewebes, in Alkalien, verdünnten Mineralsäuren und organischen Säuren löslich, besteht aus Pectose.

c) **Das Rindenprosenchym** (Fig. 132 und 113 *d*) schliesst sich unmittelbar an das Rindenparenchym an. Es unterscheidet sich von dem übrigen Prosenchym erstens durch den rein cambialen Charakter und zweitens durch überaus kleinzellige Markstrahlen. Die Zellen der letzteren stimmen in den Querschnittsdimensionen mit den Cambiumzellen derart überein, dass man bei Betrachtung des Querschnittes eine ganz homogene Gewebszone vor sich zu haben glaubt. Erst der tangentiale Längenschnitt lässt in der Rindenprosenchymzone Cambium- und Markstrahlenzellen erkennen. Die Cambiumzellen stimmen in den Dimensionen und im chemischen Charakter mit jenen der übrigen Prosenchymzonen überein.

d) **Das Parenchym** (Fig. 132 und 133 *c″ c‴*) alternirt in der Rübe mit den Prosenchymzonen, und durchsetzt als Markstrahl die letzteren.

Seine Zellen sind unter einander in Form und Grösse nicht gleich. Im Allgemeinen kann man lange (α) und abgeplattet kugelige (β) Parenchymzellen unterscheiden; zwischen beiden existiren Uebergänge. Die Parenchymzellen α grenzen an das Cambium an; die Zellen β liegen in der Mitte der Parenchymzonen, und sind auch die voluminösesten von allen Gewebselementen der Runkelrübe. Die an den Holzring angelehnten Parenchymzellen sind ebenfalls etwas in die Länge gestreckt, doch nicht so auffällig wie die dem Cambium benachbarten. Bezeichnen wir der Einfachheit wegen den radialen Querschnittsdurchmesser der Zellen mit *r*, den tangentialen Querschnittsdurchmesser mit *t*, endlich den Längendurchmesser mit *l*, so erhalten wir für die α-Zellen:

$$r = t = 0{\cdot}014 - 0{\cdot}022^{mm}$$
$$l = 0{\cdot}054 - 0{\cdot}089$$

für die β-Zellen

$$r = t = l = 0{\cdot}025 - 0{\cdot}252^{mm},$$

in der Mehrzahl der Fälle $= 0{\cdot}052^{mm}$.

Die Markstrahlenzellen unterscheiden sich von den gewöhnlichen Parenchymzellen weder durch Form noch Inhalt. Nur die in der Nähe der Axe der Rübe gelegenen sind häufig, ähnlich den Markstrahlenzellen des Holzes, senkrecht auf die Richtung des Radius zusammengedrückt. Auch in den Markstrahlen unterscheidet man α- und β-Zellen; erstere liegen dem Cambium an, letztere befinden sich in der Mitte der Markstrahlenzüge.

Die Parenchymzonen sind aus 8—20 Zellreihen aufgebaut. Die Markstrahlen haben eine riesenhafte Breite.

Zwischen den Zellen liegen dreiseitige, seltener vierseitige Intercellulargänge.

Die Membran der Parenchymzelle ist dünnwandig und poröse verdickt. Die Poren haben eine ansehnliche Grösse, liegen aber nur an einzelnen Stellen der Membran (Fig. 136 *p*).

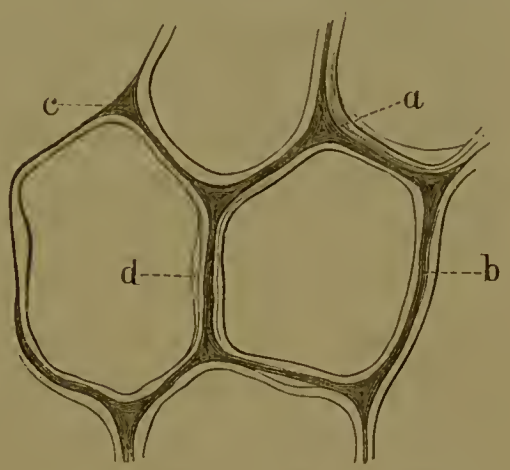
Jede Parenchymzelle besitzt ausser Membran und wässerigem Zellsafte noch kleine Mengen von Protoplasma und häufig noch einen Zellkern.

Der Membran und dem wässerigen Zellsafte müssen wir eine eingehendere Besprechung widmen. In Bezug auf die Protoplasmareste genügt es anzuführen, dass stets kleine Mengen derselben an der Innenseite der Zellwand, und wenn ein Zellkern vorhanden ist, auch um diesen herum liegen, die stets mit dem peripheren Plasma durch dünne Stränge verbunden sind. Der Zellkern führt stets ein relativ grosses Kernkörperchen, in welchem oft selbst wieder ein kleines Körperchen eingebettet ist (s. Fig. 136 *z*).

Unter Oel gelegen, erscheint die Membran geschichtet. Hierbei erkennt man auch ihre Intercellularsubstanz. Bei bestimmter Einstellung erscheint letztere dunkel, die unveränderte Zellmembran hell; bei geänderter Einstellung tritt das umgekehrte Verhältniss ein. Minder günstig gestalten sich die Lichtbrechungsunterschiede, wenn das Parenchymgewebe im Wasser liegt; man unterscheidet dann nur schwer die Intercellularsubstanz von der unveränderten Membran.

Die unveränderte Wand zeigt die Reactionen des Zellstoffes. Die inneren Wandschichten führen einen eisengrünenden Gerbstoff. Die Intercellularsubstanz besteht aus Pectose: sie quillt in heissem Wasser und ebenso in Alkalien auf, löst sich in den letzteren, aber ebenso in verdünnten Mineralsäuren und concentrirten Lösungen organischer Säuren (Oxalsäure, Essigsäure etc.).

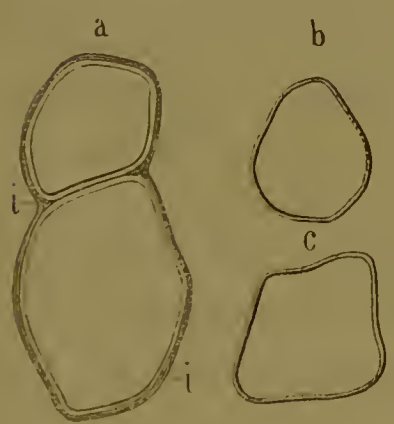
Figur 134.



Vergr. 300. Zellen aus dem saftreichen Gewebe der Runkelrübe, nach kurzem Liegen in Kalilauge, wobei die Intercellularsubstanz *b* aufquoll und hierbei selbst die Intercellulargänge (*a*, *c*) ausfüllte, *d* Zellwand. Der Deutlichkeit wegen wurde die Intercellularsubstanz schraffirt.

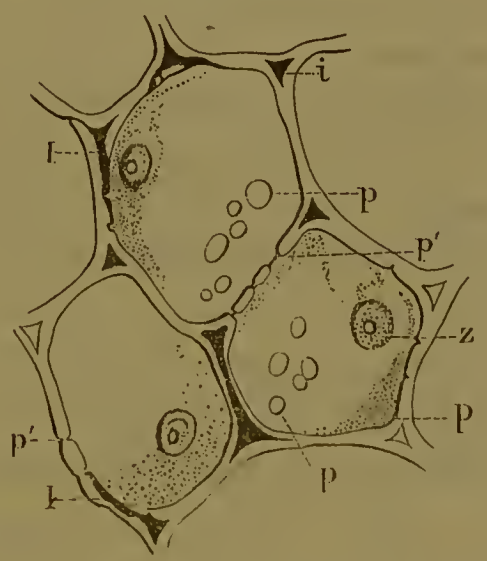
Die ganze Zellwand befindet sich in einer Pectinmetamorphose, deren erstes Product die aus Pectose zusammengesetzte Intercellularsubstanz ist, welche theils durch chemische Metamorphose der eigenen Wand, vornehmlich aber aus den Membranen der Mutterzellen sich entwickelt (s. p. 154 und 155). Auf dieser Stufe bleibt die Zellwand nicht immer stehen. Die Pectose der Intercellularsubstanz geht in einzelnen

Figur 135.



Vergr. 200. Parenchymzellen der Runkelrübe durch Kalilauge aus dem Verbande gebracht.

Figur 136.



Vergr. 250. Querdurchschnittene Zellen aus dem Fleisch der Runkelrübe. *p* Poren von der Fläche, *p'* im Durchschnitte, *i* Intercellulargänge, *I* durch Resorption entstandene, mit Luft erfüllte Räume in der Zellwand, *z* Zellkern. *P* Protoplasmareste.

Regionen des Parenchyms — vornehmlich in den β-Zellen — in Pectin und Pectinsäuren über. Die Intercellularsubstanz verflüssigt

sich hierbei und es entstehen mit Flüssigkeit erfüllte Räume zwischen den Zellen. Die flüssig gewordenen Umwandlungsproducte der Zellwand bleiben nur selten dort liegen, wo sie entstanden: meist ergiessen sie sich in die Intercellulargänge der unterliegenden Parenchymmassen, wodurch begreiflicher Weise an jenen Stellen, wo die flüssigen Pectinkörper sich befanden, luftführende Räume (Fig. 136 *I*) entstehen müssen.

Die Umsetzung der Pectose in Pectin und Pectinsäuren scheint in den Wänden der Parenchymzellen nicht so regelmässig vor sich zu gehen, wie die Umsetzung der Cellulose in Pectose; wenigstens sind die genannten luftführenden Räume in den Zellwänden höchst unregelmässig gestaltet, während die auf der Bildung der Pectose beruhende Entstehung der Intercellularsubstanz stets parallel dem Contour der Zelle von aussen nach dem Inneren der Zelle zu vorwärts schreitet.

Die auf dem Quersehnitt der Rübe transparent erscheinenden Gewebsmassen bestehen vornehmlich aus den β-Zellen; die Transparenz in dieser Gewebsregion hat vorzugsweise ihren Grund in der Verflüssigung der Zellwand, wodurch viele Intercellulargänge, die früher Luft führten, mit Flüssigkeit erfüllt werden. Die auf dem Querschnitt der Rübe weiss und opak erscheinenden Gewebsmassen setzen sich aus den Prosenchymzonen und den α-Zellen des Parenchyms zusammen.

Die Membran der Parenchymzellen verwandelt sieh, allerdings nur in geringem Maasse, auch in fettes Oel. Dass das fette Oel ein Product chemischer Metamorphose der Wand und nicht ein im Zellsafte gebildeter Körper sei, schliesse ich aus dem Auftreten kleiner Tröpfchen in der Intercellularsubstanz, welche in Alkalien sich leicht lösen und beim Einlegen des betreffenden Schnittes in fettes Oel (Olivenöl) allsogleich verschwinden.

Der wässerige Zellsaft der weissen Varietät der Runkelrübe ist farblos, jener der gefärbten Varietät durch einen Farbstoff gefärbt, welcher dasselbe chemische Verhalten wie der Farbstoff der dem Rindenparenchym angehörigen Farbstoffzellen zeigt.

Der Zellsaft enthält nur kleine Mengen von suspendirten Körpern: nämlich kleine Protoplasmareste, manchmal Zellkerne,

selten vereinzelte (einfache) Stärkekörner oder Krystalle von den Oxalaten des Kali und Kalk.

Von gelösten Substanzen sind ausser dem schon genannten, häufig fehlenden Farbstoff hervorzuheben: Rohrzucker, ein eisengrünender Gerbstoff, der durch Alkalien eine gelbe Farbe annimmt, organische Säure (Oxal-, Aepfel-, Citronsäure und höchst wahrscheinlich auch Pectinsäuren, welche aus Stoffen der Zellwand hervorgingen) und Mineralsalze, welche sich jedoch so wie die organischen Säuren bis jetzt der mikrochemischen Untersuchung entzogen [1]).

Von Wichtigkeit ist das Vorkommen von Rohrzucker im Parenchym. Durch Zuhilfenahme des Sachs'schen Reagens (s. p. 80) und durch vergleichende makrochemische Untersuchung einzelner Gewebspartien des Parenchyms und des Cambiums fand ich, dass die grössten Mengen des Rohrzuckers der Rübe im Parenchym, und nicht wie auf Payen's Autorität hin bis jetzt allgemein angenommen wurde, im Cambium [2]) vorkommen, und dass vorzugsweise die dem Cambium benachbarten länglichen Parenchymzellen — wir nannten sie der Kürze wegen die α-Zellen — die vornehmlichsten Träger dieses Stoffes sind.

Das Prosenchymgewebe (Fig. 132 und 133 *d' g*) liegt zonenweise im Körper der Rübe und wird von Markstrahlen radial durchsetzt. Die Zonen sind aus Bündeln zusammengesetzt, von welchen jedes einzelne rindenwärts aus Cambium und markwärts aus Holzgewebe besteht.

Die Cambiumzellen jedes Bündels sind von den α-Zellen des Parenchyms umkleidet, aber obgleich sowohl diese als jene parallel der Axe der Rübe in die Länge gestreckt sind, besteht zwischen beiden doch kein Uebergang.

---

[1]) Das durch die chemische Massenanalyse seit langem nachgewiesene ätherische Oel der Runkelrübe soll nach Payen im Parenchym *(tissu herbacé)* auftreten. Ich kann bis jetzt über das Vorkommen dieses Körpers noch nichts aussagen.

[2]) *Payen's „tissu sacharifère"* muss den vom Autor gegebenen Erklärungen und Zeichnungen zufolge mit dem Cambium identificirt werden.

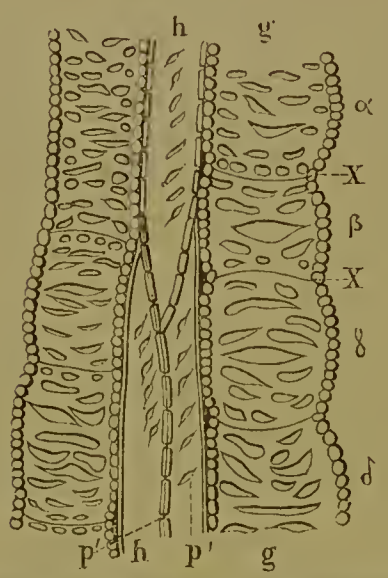
Die Zellen des Cambiums sind länglich, cylindrisch oder prismatisch, beiderseits zugespitzt. Die Abmessungen dieser Zellen sind:

$$r = t = 0{\cdot}009 - 0{\cdot}015^{mm}$$
$$l = 0{\cdot}090 - 0{\cdot}176^{mm}.$$

Die Zellen dieses Gewebes sind, wie alle Cambiumzellen, dünnwandig und reich an Eiweisskörpern. Sie sind die vornehmlichsten Träger der Eiweisskörper in der Rübe. Durch Kochen erfolgt Contraction der Hautschichten[1]). Die Membran dieser Zellen zeigt die Reaction der Cellulose. Die überaus zarte Intercellularsubstanz enthält, ihren Löslichkeitsverhältnissen zufolge, bereits Pectose. Im Inhalte der Zellen lässt sich ausser den Eiweisssubstanzen noch Zucker nachweisen.

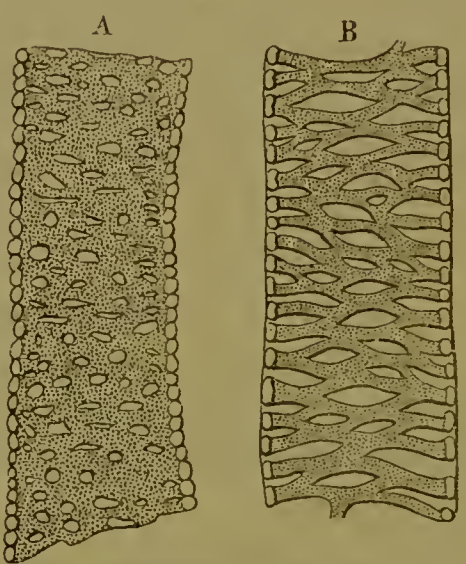
Das Holzgewebe der Bündel, welche sich zum sogenannten Holzring vereinigen, besteht aus Holzzellen und Gefässen.

Figur 137.



Vergr. 250. *g* Gefässe, *h h* Holzzellen aus den holzigen Theilen der Runkelrübe, α—δ Zellen, aus denen das Gefäss *g* entstand. *X X* Grenze der Gefässelemente. *p p'* spaltenförmige Poren der Holzzellen.

Figur 138.



Vergr. 300. Gefässe aus der Runkelrübe. *A* Porengefäss, *B* Netzgefäss.

Die Holzzellen haben folgende Dimensionen:

$$r = t = 0{\cdot}014 - 0{\cdot}026^{mm}$$
$$l = 0{\cdot}36^{mm} \text{ im Mittel.}$$

Sie sind mässig verdickt, ziemlich reich an spaltenförmigen, schief gestellten Poren. Ihre Wände sind verholzt, wie die An-

[1]) S. Fig. 19. p. 52.

wendung von schwefelsaurem Anilin lehrt, enthalten aber ausser Holzsubstanz und Cellulose vornehmlich in den äusseren Partien kleine Mengen von Pectose, in den inneren einen eisengrünenden Gerbstoff. Der Innenraum der Zelle ist mit Luft erfüllt.

Die Gefässe sind porös verdickt und tragen je nach Grösse und Form der Poren theils den Typus der Poren, theils jenen der Netzgefässe. Die zusammensetzenden Elemente sind kurz (Fig. 137 *g*). Der Querschnittsdurchmesser der Gefässe beträgt 0·025 — 0·075^{mm}.

Der chemische Charakter der Wand stimmt mit jenem der Holzzellen vollkommen überein. Auch das Innere der Gefässe ist mit Luft erfüllt.

II. Der anatomische Bau des Zuckerrohres und die Stofflagerung in den Zellen und Geweben desselben [1]).

Macht man einen Querschnitt durch das Rohr, so erkennt man drei Arten von Geweben: Oberhaut, Gefässbündel und Parenchym. Die Oberhaut, selbst des vollkommen entwickelten Rohres, ist im ganzen Umfange des Stammes wohlerhalten. Die Gefässbündel sind allerdings über den ganzen Querschnitt vertheilt, doch ist auf den ersten Blick hin zu erkennen, dass sie in der Peripherie weitaus reichlicher als im Centrum des Rohres auftreten. Im Umfange des Rohres stehen die Bündel dicht gedrängt nebeneinander; in der Nähe des Centrums hingegen liegen dieselben so sehr von einander entfernt, dass sich zwischen sie Parenchymmassen einschieben, die oft um das 3—10fache breiter sind als die Durchmesser der sie trennenden Gefässbündel. Innerhalb der Oberhaut, die von den Gefässbündeln freigelassenen Räume vollständig erfüllend, liegt Parenchym.

Die **Oberhaut** besteht aus einer Zelllage, in welcher viererlei Elemente auftreten.

Langgestreckte Oberhautzellen im Mittel 0·054^{mm} lang, 0·014^{mm} breit (Fig. 140 *A a*).

---

[1]) Payen l. c. Tome II., p. 228 ffd. — Wiesner. Anatomisches und Histochemisches über das Zuckerrohr: Karsten's botan. Unters. I., p. 113 ffd.

Kieselzellen, und zwar schwachverkieselte, von der Breite der Oberhautzellen nie länger als breit (Fig. 140 *A b*), und starkverkieselte, deren Längendurchmesser im Mittel nur 0·009^{mm} beträgt (Fig. 140 *A c*); endlich

Spaltöffnungszellen. Die Zahl der Spaltöffnungen ist eine überaus kleine.

Die langen Oberhautzellen haben einen rechteckigen Hauptumriss und sind wellenförmig contourirt; sie sind stark und zwar deutlich excentrisch verdickt. Diese Zellen führen anfänglich einen plasmatischen Inhalt, später führen sie Luft. Sie nehmen sehr frühzeitig eine lichtbräunliche Farbe an, welche bald einer tiefbraunen Platz macht. Jod und Schwefelsäure färbt jüngere Entwickelungsstadien grünblau, ältere schmutziggrün. In allen Altersstadien, vornehmlich aber in jungen Zellen, tritt ein eisengrünender Gerbstoff auf. Die Kieselzellen haben in der Flächenansicht eine nahebei quadratische Form und sind schwächer pigmentirt als die Oberhautzellen.

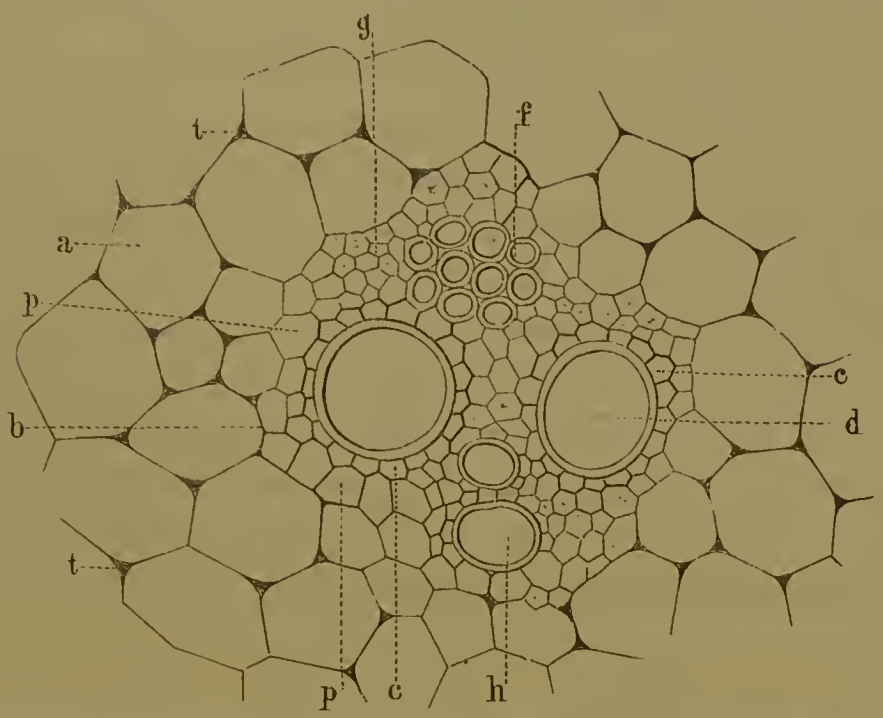
Durch Einwirkung von Chromsäure werden sämmtliche Oberhautzellen rasch entfärbt; die Oberhautzellen verfallen alsbald der Wirkung des Reagens, während die Kieselzellen nach der Entfärbung gänzlich unverändert im Reagens verbleiben.

Die Oberhautzellen sind mit einer structurlosen Cuticula überzogen, welche durch chemische Metamorphose aus den älteren Schichten der äusseren Zellwände entstanden, durch fortgesetzte chemische Metamorphose sich in Wachs verwandelt. Das Wachs überlagert in Form überaus dünner Schüppchen das ganze Rohr. Die grössten Mengen des Wachses lagern unterhalb der Blattbasen. Unter Mikroskop gesehen, erscheint ein mit Vorsicht abgehobenes Wachsschüppchen als structurloser, beinahe undurchsichtiger, von regelmässig vertheilten Löchern durchbrochener Körper. Die Löcher entsprechen den Kieselzellen, deren Wände sich nicht in Wachs umsetzen.

Gefässbündel. Ihre Vertheilung wurde schon früher besprochen. Ihre Querschnitte sind meist elliptisch, manchmal rhombisch. Die im Umfange des Stammes liegenden Bündel sind weniger dick als die mitten im Marke liegenden. Erstere haben

eine Dieke von circa 0·092, letztere von 0·122—0·301^{mm}. In den peripherischen Bündeln treten vornehmlieh stark verdiekte, bastartige Zellen (Fig. 140 *B b*) und nieht immer Gefässe auf. In den

Figur 139.



Vergr. 200. Querschnitt durch ein Gefässbündel und durch das umschliessende Parenchym des Zuckerrohres. *a* Parenchym, *c* Porenleitzellen, *d* Porengefässe, *h* Spiralgefässe, *f* Bastzellen, *g* Cambiumzellen, *p* Bündelhülle, *t* luftführende Intercellulargänge.

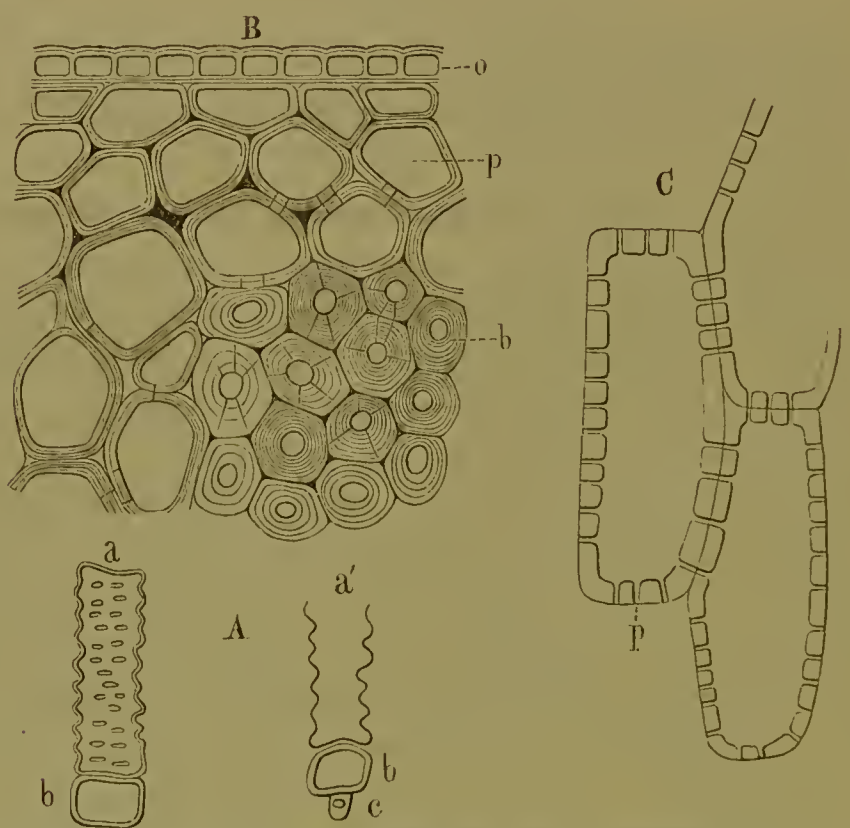
inneren Bündeln kommen hingegen stets mehrere deutliehe Gefässe (Fig. 139) vor, die hier noeh umgeben sind von mehr oder minder starkverdiekten Bastzellen, von Porenleitzellen und Cambiumzellen. In sämmtliehen grösseren Bündeln unterscheidet man stets Poren- und Ringgefässe. Der Quersehnitt der ersteren überragt jenen der letzteren um ein Mehrfaehes.

Die Cambiumzellen sind stets reieh an Eiweisskörpern und führen nur geringe Mengen von Zueker und Dextrin. Bastzellen, Leitzellen und Gefässe führen Luft. Die Membran der Cambiumzellen besteht vornehmlieh aus Cellulose, die der anderen Gefässbündelelemente enthält ausser Cellulose noeh Holzsubstanz, wie ihre Gelbfärbung dureh sehwefelsaures Anilin zeigt. Die Intereellularsubstanz, welehe die einzelnen nieht mehr auf eambialer Entwieklungsstufe stehenden Elemente mit einander verbindet, zeigt gegen Reagentien ganz das Verhalten der Intereellularsubstanz des Holzes.

Parenchym. Die Zellen des Parenchyms haben je nach ihrer Lage im Stamme verschiedene Grösse, Form, Structur, ja selbst einen verschiedenen chemischen Charakter. Man findet im Rohre drei Arten von Parenchymzellen, zwischen welchen allerdings alle möglichen Uebergänge vorkommen, die aber als Grenzglieder von Formenreihen ein so specifisches Gepräge an sich tragen, dass sie besonders hervorgehoben werden müssen. Der Einfachheit der Darstellung wegen bezeichne ich diese drei Arten von Parenchymzellen mit den Namen: Aussenparenchym, Bündelhülle und Mark.

Die Zellen aller dieser Formen des Parenchyms bestehen anfänglich aus Cellulosemembranen und körnig-schleimigem Plasma. Im Aussenparenchym wird beinahe das ganze Plasma zum Aufbau der Zellmembran verwendet. Die Zellen der Bündelhülle, minder derbwandig als jene des Aussenparenchyms, enthalten nur wenig Zucker und Eiweiss in Lösung; in ihnen

Figur 140.



Vergr. 300. *A* Oberhautzellen des Zuckerrohres mit Chromsäure isolirt. *a*, *a'* gewöhnliche Oberhautzellen, *b*, *b'*, *c* Kieselzellen. *B* Querschnitt durch Oberhaut *(o)*, Aussenparenchym *(p)* und durch die Bastzellen eines peripherischen Gefässbündels. *C* Aussenparenchym im Längsschnitt.

wird der grösste Theil des Plasma zur Membranbildung aufgebraucht. Die Elemente des Markes sind nur sehwaeh verdiekt — ihre Wände haben im fertigen Zustande blos eine Dieke von etwa 0·0013^{mm} — und sind mit zuekerreiehem Zellsaft gefüllt; sie sind die Träger des Zuekers im Zuekerrohre.

Zwisehen sämmtliehen Zellen des Parenehyms, besonders deutlieh im Marke, treten kleine luftführende, meist dreiseitige Intereellularräume auf (Fig. 139 *t*).

Die Zellen des Aussenparenehyms (Fig. 140 *B p*) stehen in mehrfachen Reihen unterhalb der Oberhaut und zwisehen den bastreichen peripherisehen Bündeln. Der Quersehnitt dieser Zellen ist mehr oder weniger deutlieh polygonal abgeplattet, meist sechsseitig. Der Längensehnitt ist ein der Form des Reehteekes sieh näherndes, langgestreektes Seehseek (Fig. 140 *C*). Der Querschnittsdurehmesser beträgt im Mittel 0·045^{mm}, der Längendurehmesser 0·132^{mm}. Die Zellen sind stark verdiekt, ihre Poren treten sehon bei schwäeheren Vergrösserungen klar hervor. Die jugendliehen Zellen dieses Gewebes sind reich an Chlorophyll und werden dureh Jod und Sehwefelsäure blaugrün gefärbt. Im Alter führen diese Zellen Luft, ihre Membranen werden dureh die beiden letztgenannten Reagentien nur mehr braun gefärbt. In diesem Zustande sind die Zellen stark verholzt; naeh meinen Beobaehtungen sind sie die am meisten verholzten Elemente des Rohres: sehwefelsaures Anilin färbt sie nämlich von allen Zellen des Rohres am intensivsten gelb (goldgelb), woraus ieh sehliesse, dass in ihren Membranen die grössten Mengen von der sogenannten Holzsubstanz dureh Umsetzung der Cellulose entstanden sind.

Unter der Bündelhülle (Fig. 139 *p*) verstehe ieh das aus langstreckigen Elementen bestehende Parenchym, welehes als continuirliche Hülle sämmtliche Gefässbündel umkleidet. Der Quersehnittsdurchmesser dieser Zellen ist meist bedeutend kleiner als jener des Aussenparenchyms, die Längendurehmesser sind jedoeh auffallend grösser. Die Membranen dieser Zellen sind deutlich verholzt, wie sich durch Anwendung von sehwefelsaurem Anilin nachweisen lässt.

Die Zellen der Bündelhülle gehen in den peripherischen Theilen des Rohres in das Aussenparenehym, in den centralen Partien

in das Mark über. Die Verholzung der Membranen nimmt gegen das Aussenparenchym zu allmälig zu, gegen das Mark zu rasch ab.

Die überwiegende Mehrzahl der Markzellen zeigt nur eine geringe Längsstreckung. Die Querschnittsformen sind meist Sechsecke, deren Durchmesser bis 0·25^{mm} steigt. Die Zellwände, wie schon bemerkt, sehr dünn, enthalten zahlreiche deutliche Poren und bestehen zum grossen Theile noch aus unveränderter Cellulose; sie werden nämlich durch Jod und Schwefelsäure rein tiefblau gefärbt. Schwefelsaures Anilin reagirt auf diese Zellen nicht.

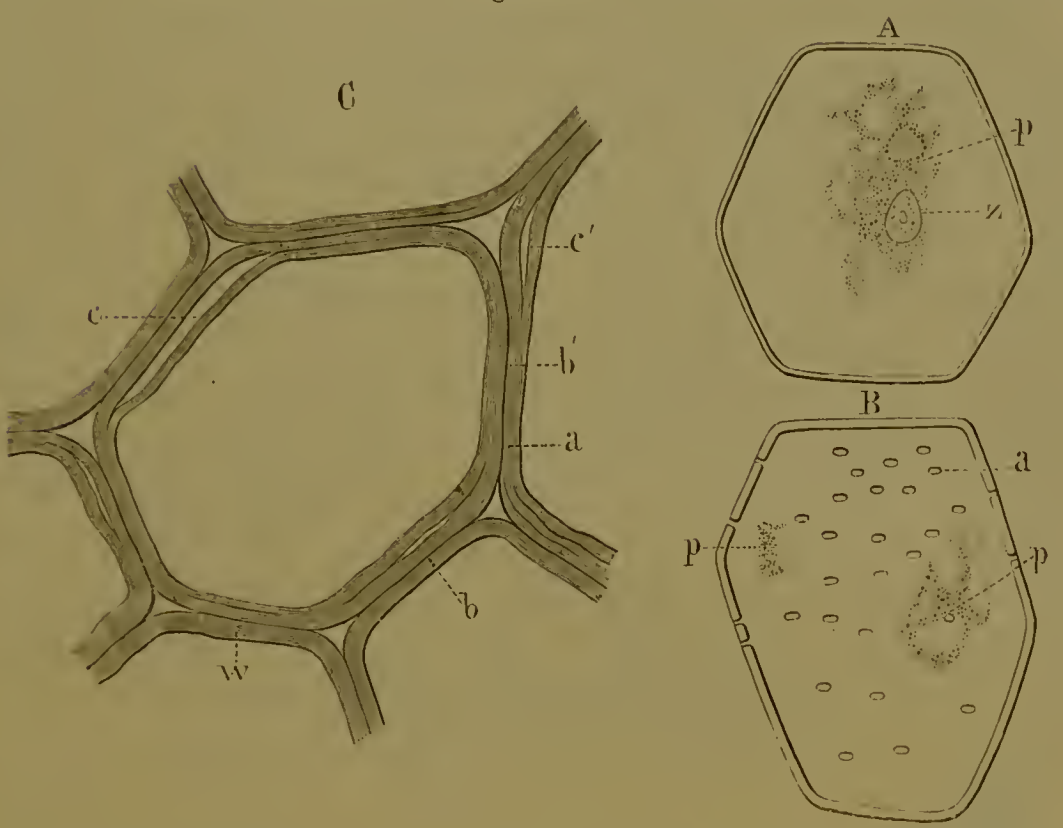
In jüngeren Zellen des Markes findet sich noch viel Protoplasma vor (Fig. 141 *A*); es umschliesst einen ziemlich grossen, circa 00·09^{mm} im Diameter messenden Zellkern, und wird von einer Hautschichte begrenzt, die sich selbst noch in ziemlich weit vorgeschrittenen Entwicklungsstadien der Zellen nach den gewöhnlichen Methoden leicht contrahiren lässt. Mit zunehmender Entwickelung der Markzellen verschwindet ziemlich rasch die grösste Menge des Plasma; letzteres wird durch einen klaren, farblosen Zellsaft ersetzt, in welchem sich nur mehr ein kleiner Plasmarest, oft jedoch noch der Kern erkennen lässt. Ausserdem enthält der Zellsaft noch eine grosse Menge von Rohrzucker, gelöstes Eiweiss (s. p. 80) und Spuren von Stärke. — Die Stärkekörner sind einfach, erreichen höchstens die Länge von 0·008^{mm}, haben die Gestalt schwach plattgedrückter Ellipsoide und lassen auf Zusatz von Chromsäure sowohl Kern als Schichten erkennen.

Von grösster Wichtigkeit für die Zwecke dieser Untersuchung ist das Verhalten der Intercellularsubstanz und die Kenntniss des örtlichen Vorkommens der Pectinkörper, deren Anwesenheit in den Geweben des Zuckerrohrs durch die chemische Analyse lange constatirt ist.

Die Intercellularsubstanz des Parenchyms wird durch kochendes Wasser so gut wie gar nicht angegriffen; durch verdünnte Kalilösung wird sie selbst nach länger andauerndem Kochen nur sehr wenig alterirt; an einzelnen Stellen (Fig. 141 *C b*) tritt allerdings ein theilweises Schwinden ein; grosse Strecken hindurch lässt sich an ihr hingegen keinerlei Veränderung wahr-

nehmen. Durch Erwärmung des Parenchyms in concentrirten Lösungen organischer Säuren (z. B. Oxalsäure) oder verdünnten,

Figur 141.



Vergr. 300. Markzellen des Zuckerrohres. *A* junge, plasmareiche Zellen, *p* Protoplasma, *z* Zellkern. *B* vollkommen entwickelte Zelle, *p* Protoplasmareste, *a* Poren der Wand. *C* zuckerführende Parenchymzellen aus einem Gewebsstücke, das mit Kalilauge, später nach dem Auswaschen in Wasser mit Oxalsäure gekocht wurde, *b*, *b'* unverletzt gebliebene Intercellularsubstanz, *w* aufgequollene Zellwand, *c*, *c'* durch Oxalsäure in Lösung gebrachte Partien der Zellwand.

nicht oxydirenden Mineralsäuren erleidet die Intercellularsubstanz keine auffällige Veränderung; an einigen wenigen Stellen treten Erscheinungen in ihr auf, wie sie auch durch Alkalien hervorgebracht werden. Eine vollständige Auflösung der Intercellularsubstanz gelingt hier erst durch jene Mittel (Chromsäure, chlorsaures Kali und Salpetersäure), durch welche die Zwischensubstanz der Holzzellen und Markstrahlenzellen unserer Laubbäume in Lösung geht. Die Intercellularsubstanz kann diesen Beobachtungen zufolge nicht der Sitz der Pectinsubstanzen sein; im günstigsten Falle, wenn nämlich die Auflockerung der Zwischensubstanz durch Alkalien oder Säuren in Folge der Anwesenheit von Pectinkörpern ermöglicht wurde, treten in ihr nur geringe Mengen von diesen Substanzen auf, so dass sich aus den-

selben keineswegs die grossen Mengen von Pectinkörpern ableiten lassen, welche im Safte des Rohres auftreten.

Betraehtet man die durch das Parenchym geführten Schnitte, die in Kalilauge erwärmt wurden (Fig. 141 *C*), so erkennt man auf den ersten Blick, dass die Zellwand ziemlieh stark aufgequollen ist. Wäscht man den so behandelten Schnitt in destillirtem Wasser aus und koeht ihn hierauf in einer Lösung von Oxalsäure, so erkennt man, wenn aueh nieht an allen Zellen, dass die mittleren Lagen der Verdiekungsschichten aufgelöst wurden; an allen Zellen gibt sich jedoeh in den mittleren Verdickungssehiehten eine mehr oder minder starke Aufloekerung kund, die wohl nur in einer partiellen Auflösung dieser Schichten dureh die Säure begründet sein kann. Aus diesem Verhalten ergibt sich, dass die seeundären Verdiekungssehichten der Markzellen der Sitz der Pectinkörper (vorzugsweise der Peetose) des Rohres sind.

III. Kritik der Saftgewinnungsmethoden.

a) Methoden der Saftgewinnung aus der Runkelrübe.

Die gegenwärtig in Uebung stehenden Methoden zur Abseheidung des Saftes aus der Rübe sind das Pressverfahren, die grüne Maeeration, die Maceration der getroekneten Rübe und die Diffusionsmethode.

Beim **Pressverfahren** wird die Rübe auf Reiben zerkleinert und der so erhaltene Brei in Tüeher eingehüllt, ausgepresst. Die Zerkleinerung der Rübe muss eine möglichst vollständige sein. Je vollständiger die meehanisehe Aufsehliessung der einzelnen Zellen erfolgte, desto grösser ist die Ausbeute an Zucker. Zellen, welehe weder während des Reibens aufgerissen, noch während des Pressens zersprengt wurden, gehen für die Zuckergewinnung verloren.

Die Untersuchung des Rübenbreies lehrt, dass eine heftige Zerstörung in sämmtliehen Gewebselementen eingetreten ist.

Am meisten wurden die Parenchymzellen angegriffen. Die durch das Reiben der Rübe erhaltenen Parenchymstücke haben allerdings oft noch einen Durchmesser von 1^{mm}, aber die Zellen dieser Stücke sind zerrissen, ihre Intercellularsubstanz stark gelockert, die Contraction ihrer Hautschichten gelingt nicht mehr. Etwas besser als die Parenchymzellen sind die Cambiumzellen und die Holztheile der Bündel erhalten, welche letztere nicht selten noch eine Länge von 6—10^{mm} besitzen.

Der Presssaft, wie er von den Pressen abläuft, enthält eine grosse Menge von Protoplasma (Eiweisssubstanzen) und einzelne kleine Leptothrixkörner oder Hefezellen, die vom Periderm der Rübe stammen. — Nach wenigen Stunden vermehren sich die Leptothrixkörner auffällig, es tritt ferner noch ein anderer vegetabilischer Organismus im Saft auf, der aus dicht nebeneinander gereihten, circa 0·014^{mm} im Durchmesser betragenden Schleimkugeln zusammengesetzt erscheint. Ich halte diesen Organismus für Zoogloea Termo Cohn [1]). Auch im Rübenbrei, der mehrere Stunden gestanden, findet man beide genannten Organismen vor.

Figur 142.

Vergr. 300. Zoogloea termo Cohn aus Rübenpresssaft nach kurzer Einwirkung von Chromsäure [2]).

Die Presslinge bestehen aus zerdrückten und grösstentheils entleerten Zellen. Nach 1—2 Tagen sind sie reich an Leptothrixkörnern, welche kurze Zeit darauf zu Hefe auswachsen.

Die Mängel des Pressverfahrens liegen nach diesen Beobachtungen auf der Hand. Durch die Zerstörung der Zellen gelangten ausser der Zuckerlösung nicht nur die so schädlichen Eiweisskörper mechanisch in den Saft, es treten auch die organischen Säuren, welche in den unverletzten Zellen von der In-

[1]) *Cohn. Nova acta Ac. nat. T. 24, p. 112.*

[2]) Die Brechungsunterschiede zwischen den Substanzen der Z. t. und dem Presssafte sind so gering, dass dieser Organismus dem Beobachter sehr leicht entgehen kann. In Oel liegend tritt er, besonders bei starker Abblendung, etwas deutlicher hervor; doch ist das Bild auch dann noch so zart, dass es sich durch den Holzschnitt nicht wiedergeben lässt. Ich habe deshalb die Z. in jenem feinkörnigen Zustande abgebildet, in welchem sie nach kurzer Einwirkung von Chromsäure erscheint.

tercellularsubstanz durch die Verdickungsschichten geschieden waren, mit ihr in Berührung und bedingen, dass deren Pectose in lösliche Pectinkörper (Pectin, Metapectinsäure u. s. w.) übergeführt wird, welche den Saft verunreinigen. Die Anwesenheit der grossen Menge von Eiweisskörpern im Safte macht die schnellste Verarbeitung desselben zur strengsten Pflicht. Aber wie rasch auch immer die Procedur im Grossen vor sich gehen mag, immer werden theils durch den directen chemischen Einfluss der Eiweisssubstanzen auf den krystallisirbaren Zucker, theils durch die Entwicklung der beiden genannten Organismen, welche zersetzend auf den Zucker und die anderen organischen Verbindungen wirken, Verluste an Rohrzucker herbeigeführt werden.

Von nicht ganz untergeordneter Bedeutung dürfte auch der Umstand sein, dass beim Pressverfahren die Eiweisskörper den Zellen zum grössten Theile entzogen werden, mithin die Pressrückstände als plastisches Nahrungsmittel für das Vieh nur einen sehr geringen Werth erhalten.

Die **grüne Maceration** besteht in einer Auslaugung der zerkleinerten Rübe durch neutrales, stark erhitztes Wasser. Die Rübe wird in Parallelepipede zerschnitten und mit einem Wasser ausgelaugt, das im Contacte mit den Rübenschnittlingen eine Temperatur von 64—68° R. hat. — Ich habe dieses Verfahren im Kleinen nachgeahmt und finde, dass die Temperatur, bei welcher die Auslaugung erfolgt, eine zu hohe ist, indem bei derselben die Intercellularsubstanz der allerdings sonst unverändert bleibenden Zellen stark aufquillt, und hierdurch nicht nur der Austritt der Zuckerlösung erschwert, sondern auch die Bildung löslicher Pectinstoffe gefördert wird.

Grössere Reinheit, vornehmlich geringerer Eiweissgehalt der Säfte und der Umstand, dass das Protoplasma in den Zellen der Rückstände verbleibt, mithin deren Nährwerth nicht vermindert wird, bedingen einige Vortheile dieses Verfahrens gegenüber dem Pressverfahren.

Diese Vortheile fallen bei der grünen Maceration des Rübenbreies, welche von Schützenbach empfohlen wurde, aus Gründen weg, die sich nach dem Vorhergehenden von selbst ergeben.

Die **Maceration der getrockneten Rübe** stellt sich bei Anwendung des heissen Wassers auf die selbe Werthstufe wie die grüne Maceration der geschnittenen Rübe. Bei der Maceration der getrockneten Rübe durch Anwendung eines Wassers, welches durch Kalkmilch alkalisch oder durch Schwefelsäure sauer gemacht wurde, treten die Nachtheile der Maceration mit heissem Wasser nur im gesteigerten Maasse ein. Die Bildung grosser Mengen löslicher Pectinstoffe bedingt nicht nur eine Verunreinigung der Säfte, sondern ruft in den Rübenschnittlingen eine derartige Auflockerung hervor, dass einzelne und gruppenweise vereinigte Zellen sich aus dem Verbande loslösen, und, im blos theilweise ausgelaugten Zustande im Safte umherschwimmend, nicht nur den letzteren mechanisch verunreinigen, sondern auch Verluste an Zucker verursachen.

Die rationellste Methode der Saftgewinnung ist die **Diffusionsmethode** [1]), bei welcher die Rübe, in dünne Lamellen zerschnitten, mit reinem, neutralen Wasser erschöpft wird, welches im Contacte mit den Schnittlingen eine Temperatur von höchstens 40° R. annimmt.

Die mikroskopische Untersuchung der Diffusionsrückstände enthüllt die Vortheile dieser Methode gegenüber dem Press- und Macerationsverfahren.

Die Diffusionsrückstände bestehen fast durchwegs aus unverletzten Zellen, die noch, wie in der Rübe, im innigsten Verbande stehen; blos die die Lamellen begrenzende Schichte enthält begreiflicher Weise zerrissene Zellen. In den Zellen dieser Rückstände lässt sich mikrochemisch kein Zucker mehr nachweisen. Die Eiweisskörper liegen in diesen Zellen noch an jenen Orten, wo sie sich in der rohen Rübe befanden. Die Intercellularsubstanz ist noch ganz unaufgequollen, ja selbst der durch Kalilauge eine gelbe Farbe annehmende, in der rohen Rübe nie fehlende Gerbstoff ist noch in den Zellen vorhanden. Erst beim Kochen der rückständigen Gewebe quillt die Intercellularsubstanz auf, wobei man gleichzeitig beobachten kann, dass die bis dahin unverletzt gebliebene Hautschichte des Plasma sich zusammenzieht

[1]) Wurde 1864 von Herrn Jul. Robert in Gr. Seelowitz erfunden.

und die Reste der Eiweisskörper auf einen kleinen Raum zusammenschiebt.

Die Vortheile der Diffusionsmethode bestehen mithin darin, dass die Herausführung der Zuckerlösung aus geschlossenen Zellen, deren Protoplasma innerhalb der Zellmembran verbleibt, und bei einer Temperatur erfolgt, bei welcher die Intercellularsubstanz noch nicht quillt, welcher letztere Umstand eine doppelte Bedeutung gewinnt: der Austritt der Zuckerlösung wird nicht, wie dies bei den beiden Macerationen geschieht, erschwert, und die Bildung löslicher, die Säfte verunreinigender Pectinkörper wird unmöglich gemacht.

Allerdings enthalten die Säfte trotz ihrer, in Hinblick auf die nach den älteren Methoden erzeugten, wahrhaft grossen Reinheit noch Eiweisskörper und Pectinstoffe. Diese rühren von der verhältnissmässig kleinen Zahl zerrissener Zellen her, welche die Umgrenzung der Rübenlamellen bilden; die den Rübensaft verunreinigenden Substanzen erscheinen somit in den durch die Diffusionsmethode erhaltenen Flüssigkeiten auf ein Minimum herabgedrückt.

b) Methoden der Saftgewinnung aus Zuckerrohr.

Bis auf die neueste Zeit wurde der Saft des Zuckerrohres blos durch ein Pressverfahren gewonnen. Im laufenden Jahre wurde in einigen ostindischen Fabriken die Diffusionsmethode in Anwendung gebracht [1]).

Das gegenseitige Verhältniss beider Methoden ergibt sich aus nachfolgender Parallele zwischen Press- und Diffusionsverfahren.

Für's Erste fällt in's Auge, dass die zuckerführenden Zellen eine Lage im Rohre einnehmen, welche für die Saftgewinnung durch das Pressverfahren höchst ungünstig ist. Denn erst-

---

[1]) Die Herren Minchin, Zuckerfabrikanten zu Aska (südl. v. Calcutta) und Madras studirten im verflossenen Winter (1865—66) in Gr. Seelowitz die Diffusionsmethode des Herrn J. Robert und führten sie in ihren Fabriken ein. Den neuesten Berichten der Herren Minchin zufolge sollen die bis jetzt unternommenen Arbeiten zu ausgezeichneten Resultaten geführt haben.

lich liegen die grössten Mengen der zuckerführenden Zellen im Inneren des Rohres, wodurch bedingt wird, dass der Austritt des Saftes in den reichlich eingestreuten Gefässbündeln vielfach gehindert wird; sodann ist zu bedenken, dass das ganze zuckerführende Gewebe von dem aus holzigen, dickwandigen Zellen bestehenden Aussenparenchym und den aus ungemein stark verdickten Bastzellen zusammengesetzten peripherischen Gefässbündeln im geschlossenen Zuge umgeben ist, wodurch das Austreten des Saftes beim Zerdrücken des Rohrs zwischen Walzen nur in höchst unvollkommener Weise erfolgen kann. Bei dem gewaltsamen Pressen zerreissen die Zellen, wovon ich mich auch durch den Versuch im Kleinen überzeugte, und aus ihnen tritt der flüssige Zellinhalt aus: dieser enthält aber viel gelöstes Eiweiss, mehr an diesem Stoffe als die Runkelrübe. Man wird also durch das Pressverfahren nicht nur relativ wenig Saft, sondern auch einen eiweissreichen Saft, der der Zersetzung rasch verfallen muss, erhalten. Es ist demnach leicht einzusehen, dass die Anwendung der Pressung beim Rohre noch ungünstigere Resultate geben muss als bei der Rübe, da die Hindernisse des Saftaustrittes im Rübenbrei weitaus geringer sind als im Rohre, welches im mechanisch unveränderten Zustande zwischen die Walzen geräth, und die Anwesenheit von vorzugsweise unlöslichen Eiweisskörpern in der Rübe insoferne zur Gewinnung reinerer Säfte Veranlassung geben muss, als die körnig-schleimige Materie unlöslicher Eiweisskörper schwerer als gelöstes Eiweiss von den Gewebstheilen sich abtrennt.

Schneidet man hingegen das Rohr durch senkrecht auf seine Axe geführte Schnitte in Scheiben und überlässt diese der Diffusion, dann ist eine reichliche Ausbeute an Zucker ein Leichtes. Der Austritt des Zuckers erfolgt hier durch die Schnittflächen der Rohrscheiben. Verluste in Folge Anwesenheit der Gefässbündel und des Aussenparenchyms sind nicht denkbar, da in die luftführenden Elemente des Aussenparenchyms ebensowenig als in die der Gefässbündel der Eintritt diffundirender Flüssigkeiten statthaben kann. Allerdings ist wegen der Unthätigkeit des Aussenparenchyms und der Bündel während der Saftgewinnung die diffundirende Fläche nur eine relativ kleine, dies kann

aber nur eine Verlangsamung der Zuckergewinnung, nicht aber einen Verlust an Zucker bedingen.

Durch das Anschneiden des Rohres werden allerdings lösliche Eiweisssubstanzen von den durchschnittenen Zellen aus direct in den Diffusionssaft gerathen. Diese Eiweissmengen werden aber gewiss nur gering gegenüber jenen Mengen dieser Körper sein, die durch Auspressen in den Saft gelangen.

Das Auftreten von grösseren Mengen löslicher Eiweisssubstanzen im Rohre bedingt, dass die Vortheile der Diffusion für das Rohr sich etwas ungünstiger als für die Rübe, die hauptsächlich unlösliche Eiweisssubstanzen führt, gestalten müssen; da ja lösliches Eiweiss ein relativ geringeres endosmatisches Aequivalent als unlösliches besitzt, weshalb kleine Eiweissmengen in den Diffusionssaft des Rohres eintreten, während das unlösliche Eiweiss die Zellen der Rübe gar nicht verlassen kann.

Aber es handelt sich ja weniger um das Verhältniss zwischen der Diffusion des Rohres und der Rübe, als um jenes zwischen der Pressung und der Diffusion des Rohres, und hierbei können die Vortheile der letzteren unmöglich zweifelhaft bleiben, da ja vorzugsweise die grossen Massen löslicher Eiweisskörper in den Presssäften es sind, welche dass Pressverfahren unzweckmässig erscheinen lassen. Im Diffusionssaft können aus früher angegebenen Gründen nur viel geringere Quantitäten löslicher Eiweisskörper vorkommen, welcher Umstand wohl sehr für den Werth der Diffusionsmethode spricht.

Ich habe noch eines Umstandes Erwähnung zu thun, welcher sehr zu Gunsten der Diffusion spricht; ich meine die eben auseinander gesetzte Vertheilung der Pectose im zuckerführenden Gewebe des Rohres. Die Vertheilung dieses Körpers im Rohre ist für die Diffusion eine weit günstigere als in der Rübe. In letzterer ist vorzugsweise die Intercellularsubstanz der Sitz der Pectose. Heisses, sauer oder alkalisch reagirendes, zur Bereitung des Diffusionssaftes dienendes Wasser bedingt einen Zerfall des Rübengewebes, und deshalb Verluste an Zucker und mechanische Verunreinigung des Saftes durch Gewebsstücke. Dieser Umstand und die starke, den Austritt der Zuckerlösung behindernde Aufquellbarkeit der Intercellularsubstanz macht es

zur Aufgabe, die die Raschheit des Austritts des Zuckers beschleunigenden höheren Temperaturen nur bis zu einer ziemlich tief liegenden Grenze zu steigern, und mit möglichst neutralem Wasser zu arbeiten. Diese Beschränkung fällt beim Zuckerrohr weg; weder heisses noch saures oder alkalisches Wasser kann hier einen Zerfall der Gewebe herbeiführen, da die Intercellularsubstanz beinahe frei von Pectose ist, aber selbst die für die Zuckergewinnung schädliche Aufquellbarkeit der Zellmembranen ist in den zuckerführenden Zellen des Rohrs nur eine geringe, da ja selbst deren secundäre Verdickungsschichten nicht reich an Pectose sind. Man wird also bei der Anwendung der Diffusionsmethode auf Rohr sorglos höhere Temperaturen und saures oder alkalisches Diffusionswasser anwenden dürfen; hieraus wird man möglicher Weise grossen Nutzen schöpfen können, da stark erwärmtes Wasser nicht nur den Austritt des Zuckers aus den Zellen beschleunigt, sondern auch lösliches Eiweiss in unlösliches umsetzt, und angesäuertes oder alkalisch gemachtes Wasser unter Umständen ein wichtiges Mittel zur Conservirung der Rohsäfte abgeben dürfte [1]).

[1]) Ob man diese vom theoretischen Standpunkte aus vorgezeichnete Modification des Robert'schen Verfahrens bei seiner Anwendung auf Rohr, in den genannten ostindischen Fabriken, durch practische Erfahrungen geleitet, bereits einführte, ist mir nicht bekannt.

ALPHABETISCHES REGISTER.

Aberration, chromatische 22
„ sphärische 22
Accommodationsvermögen 15
Alantstärke 80
Aleuron 74, 217
Amylum s. Stärke
Arabin 79, 91
Arrow-root, ostindisches 212
„ westindisches 212
Aussenparenchym 254

Balsame 82
Bassorin 79, 91
Bastparenchym 219
Bastpapiere, chinesische 234
Bastzellen 88, 106
Bauchfell 178
Baumwollfaser 98, 220, 230
Beinwaaren 179
Beugungserscheinungen 36
Bierhefe 159, 160, 165
Bildmikroskop 17
Bindegewebe 175, 177
Bindegewebskörperchen 176
Bindesubstanzzellen 176
Bläschengewebe 88
Blatt, Bau desselben 123
Blendungen 24
Blutzellen 41
Bohnenstärke 208
Borsten der Pflanzen 101
„ des Schweines 174
Branntweinhefe 159
Brechungsexponent, Bestimmung desselben 189
Buchweizenmehl 217
Buchweizenstärke 206
Bündelhülle 254

Cambium 88, 101
„ der Runkelrübe 249
Caoutschouc 82
Cassavemehl 210, 212
Cellulose 59, 65, 72 74, 76
Chambre claire 29
Chlor, Nachweisung desselben 197
Chlorophyll 74, 77
Chlorotannin 76
Cholostearin 85
Collectivglas 20
Compositum 19
Corinm 183
Curcumastärke 208, 212
Cuticula der Pflanzen 63, 93
Cuticula der Thierhaare 170
Cutis 183
Cytoblast 40

Deckgläschen 33
Dextrin 79, 80
Diaphragmen 24
Diffusionsmethode 261, 262
Discs 182
Doppelocular 20

Eichelstärke 212

Eisensalze der Pflanzenzelle 66
Eiweisskörper 66, 80
Elementarorgane 39
Elfenbein 181
Epiblem 93
Epidermis, pflanzliche 93
„ thierische, s. thierische Oberhaut
Epithel, pflanzliches 93
„ thierisches 167
Erbsenstärke 208
Erscheinungen, entoptische 34
Erythrotannin 75
Espartofaser 220, 230
Espartopapier 95, 225

Färbungsmittel der Papiere 231
Farbhölzer 61, 64, 118
Farbstoffe der Pflanzenzelle 61, 64, 78
Farbstoffkrystalle 85
Fasergewebe, pflanzliches 88
Faserschichte des Thierhaares 170
Fassgeläger 165
Fibrillen der Muskelfasern 181
Filzgewebe 120
Flechte, isländische 121
Flechtenstärke 121
Floretseide 187
Füllstoffe des Papiers 231

Gährungspilze 41, 156
Gefässbündel 101, 123, 127
„ des Zuckerrohrs 252
Gefässe der Pflanzen 14, 88
Gerbmehl 75
Gerbstoff 76, 78, 83
Gerstenstärke 202
Gesichtsfeld 16
Gesichtswinkel 15
Gewebe, elastisches 175, 176
„ pflanzliche 47
„ thierische 166
„ der Pilze, Flechten und Algen 88, 120
Goldfäden, mittelalterliche 178
Gonidien 120
Granulose 60, 70, 74, 76
Gummi 70, 79, 91

Haare, pflanzliche 93, 98
„ thierische 170
Haar des Alpaco 172
„ der Angoraziege 172
„ des Bibers 174
„ des Hasen 173, 174
„ der Kuh 171, 173
„ des Menschen 170
„ des Rehes 173
„ des Schafes 172
Hanffaser 110, 220, 221, 230
Harz 61, 76, 89
Harzgänge 89, 146
Harzmehl 75
Haut der Säugethiere 183
Hautschichte der Pflanzenzelle 43, 51, 58
Haversische Kanäle 180
Hefe 41, 156, 244
Holz, Bau desselben 127
„ des Ahorn 140
„ der Birke 134
„ der Ceder 149
„ der Eibe 150
„ der Eiche 138
„ des Elaagnus 133, 134
„ der Esche 133, 134
„ der Fichte 148
„ der Föhre 146
„ der Kiefer 146
„ der Lärche 149
„ der Linde 54, 134
„ des Oelbaumes 133
„ der Rothbuche 142
„ des Sauerdornes 133
„ der Tanne 148
„ des Tulpenbaumes 134
„ der Ulme 135
„ des Wachholders 150
„ der Weymouthskiefer 146
Holzfaser im Papiere 220, 221
Holzpapier 231
Holzparenchym 88, 117
Holzstoff 64, 105
Holzzellen 88, 104
Horn 174
Hornschichte d. thier. Oberh. 168, 183
Hülsenfrüchte, Stärke der. 208, 217

Immersionslinsen 23
Infiltrationsproduete der Zellwand 59, 65
Innenhaut der Pflanzenzelle 53
Inosit 79
Intercellulargänge 89
Intercellularräume 82, 89
Intercellularsubstanz 44, 63, 93, 154
„ d. Runkelr. 246
„ d. Zuckerr. 256
Interferenzerscheinungen 36, 99, 109
Inulin 80
Isolirung der Zellen 47

Jahresringe 128

Kalk, kohlensaurer 85
„ oxalsaurer 84
„ schwefelsaurer 85
Kartoffelstärke 68, 207, 212, 217
Kastanienstärke 211
Kern, Fritsche'scher 71
Kernholz 130
Kernkörperchen 40
Kichererbse, Stärke der 208
Kieselskelett 65
Kieselzellen 65, 226, 252
Kleber 215
Klebermehl 74
Kleberzellen 215
Kleie 215
Knochengewebe 178
Knochenhöhlen 180
Knochenkörperchen 179
Knorpelgewebe 175
Kohlensäure, Nachweisung der 196
Korkgewebe 88, 119
Krystalle einiger Natronsalze 195
Krystallograph. Untersuchung 192

Laubholz 129, 131
Lederhaut 183
Lederkork 119
Lederpapier 228
Lederpappen 228
Leimung des Papiers 231
Leinenfaser 108, 220, 221, 230
Leinsamenmehl 217
Leitzellen 114
Leptothrix 164, 217, 239, 244, 259
Leukotannin 75
Linsenstärke 208
Linsensysteme 23
Lonpe 16
Luftblasen 34, 190
Lufthöhlen 90

Maceration, grüne, der Rübe 260
„ der getrockneten Rübe 261
Maisfaser 112, 220, 230
Maislisehe 41, 226
Maismehl 217
Maispapier 95, 225
Maisstärke 207
Mannit 79
Marantastärke 210, 212
Mark der Thierhaare 170
„ des Zuckerrohrs 254
Markpapier, chinesisches 234
Markstrahlen 88, 116, 127
Materie, incrustirende 59
Mehl, Untersuchung desselb. 201, 214
Membran der Zelle s. Zellwand
„ primäre 53
„ tertiäre 53
Mesophyll 124
Messung, mikroskopische 188
Mikrochemische Untersuchung 194
Mikrometer 26
Mikrometerschraube 26
Mikroskop, einfaches 16
„ zusammengesetztes 18
Mikroskopröhre 25
Milchsaft der Pflanzen 82, 89
Milchsaftgänge 89
Mineralbestandtheile der Pflanzen 94
Muskelgewebe 181
Muskelfaser, glatte 181
„ quergestreifte 181
Muskelfibrillen 182
Muskelkörperchen 182
Mutterzellen 152

Nadelhölzer 129, 144
Nähepunct 15

Netzfaserzellen 55
Nucleus 40

Oberhaut der Maislische 226
„ pflanzliche 88, 92, 123
„ der Säugethiere 168, 183
„ thierische 167
„ des Zuckerrohrs 251
Oberhautzellen des Espartohalmes 96
„ „ Gerstenstrohs 96
„ „ Haferstrohs 96
„ „ Reisstrohs 235
„ „ Roggenstrohs 96
„ „ Weizenstrohs 96
Oberhefe 159
Objectiv 19, 21, 31
Objectivsysteme 23
Ocular 19, 31
Oel, ätherisches 82, 89
Oel, fettes 81
Orseilleflechte 121

Papier, Untersuchung desselb. 218
„ chinesisches 234
„ japanisches 229
Papierfasern 220
Papillen 92
Papyrus 237
Papyrusstaude 89, 91, 237
Parenchym 88, 90
„ der Runkelrübe 245
„ des Zuckerrohrs 256
Pectin 64
Pectinkörper 64
„ der Runkelrübe 247
„ des Zuckerrohrs 256
Pectinsäuren 64
Pectose 64, 91
Periderm 119
„ der Runkelrübe 243
Peritonäum 178
Pflanzengewebe 86
Pflanzenzelle 46
Pilzcellulose 159
Plättchengewebe 88
Plasma 40, 66
Polarisationsapparat 29
Poren der Pflanzenzelle 54
Porenkanäle 54
Porenzellen 54
Primordialschlauch s. Hautschichte
Prosenchymgewebe 88, 90
Prosenchymgewebe d. Runkelrübe 249
Protëinkrystalle der Pflanzenzelle 85
Protoplasma 40, 66
Presshefe 164
Presslinge 259
Presssaft 259
Pressverfahren 258, 262

Querschnitte 48

Radialschnitt 48
Raphiden 84
Reisstärke 68, 205, 212
Rinde 127
Rindenmarkstrahl 117
Rindenparenchym 126
„ d. Runkelrübe 245
Rindenprosenchym d. Runkelrübe 245
Ringfaserzellen 55
Roggenstärke 202, 212
Roggenstrohpapiere 95
Rohrzucker 79
„ des Rohrs 255
„ der Rübe 249
Rosskastanienstärke 211
Runkelrübe, Bau der 241

Säuren, organische, der Pflanzenzelle 83
Sago, Untersuchung von 213
„ brasilianischer 214
„ inländischer 214
„ ostindischer 214
Sagostärke 211
Salpetersäure, Nachweisung der 197
Sandelholz 62, 118
Sarcolemma 181
Sarcous elements 182
Schafwolle 172
„ im Papiere 227
Scheibenblendung 24
Schichten, secundäre, d. Zellwand 54
„ tertiäre der Zellwand 54
Schildkrot, Gewebe dess. 169

Schimmelpilze 152
Schleimhaut der Thiere 168
Schleimschichte der thierischen Haut 168, 183
Schmelz des Zahnes 180
Schminkbohne, Stärke der 208
Seide 185
„ feine 187
Seidenpapier 235
Siebröhren 88, 116
Sömmering'scher Spiegel 29
Sonnenmikroskop 17, 18
Spaltöffnungen 96
Sphärokrystalle des Inulins 81
Spiegel des Mikroskops 24
Spiegelfasern 117
Spiralfaserzellen 55
Splint 130
Sporen 51, 152, 217, 239
Sprossung, hefeartige 162
Stärke 66
„ der Batate 72
„ des Buchweizens 70, 206
„ der Curcuma angustifolia 208
„ „ „ leucorhiza 70, 208
„ „ „ Zedoaria 72, 209
„ der Eicheln 70, 212
„ der Gerste 202
„ des Hafers 68, 205
„ des Heidekorns 70, 206
„ der Hülsenfrüchte 208
„ der Jatropha Manihot 210, 212
„ des Ingwer 72
„ der Kartoffel 68, 70, 72, 207, 212, 217
Stärke der Kastanie 211
„ der Maranta arundinacea 210
„ „ „ indica 210
„ des Mais 207
„ des Reis 68, 205, 212
„ des Roggens 69, 202, 212
„ der Rosskastanie 211
„ von Sagus Rumphii 211
„ des Weizens 69, 202, 212
Stärkekörner 67, 202
Stärke, Untersuchung der 201, 212
Stamm, Bau desselben 125
Strohfaser 111, 220, 223, 230
Strohpapier, chinesisches 234
„ echtes 223
„ sogenanntes 230
Syntonin 182

Tangentialschnitt 48
Tapiocca 210, 214.
Tisch des Mikroskopes 24
Tochterzellen 152
Traganth 61, 91
Traubenzucker 79, 80
Treppenzellen 55
Tüpfelzellen 56

Unterhautzellgewebe 183
Unterhefe 160, 165

Verdickungsschichten 54

Wattseide 187
Weinmosthefe 159
Weizenstärke 69, 202, 212
Wurzel, Bau der 125

Xanthotannin 75

Zahnbein 178, 180
Zahnkanälchen 180
Zahnkitt 180
Zahnschmelz 180
Zeichnungsapparate 29
Zellbildung 151
„ im Pflanzenreiche 159
Zellcolonie 87
Zelle 39
Zellgewebe 86, 87
Zellfusion 87
Zellinhalt 45, 57
„ Stoffe desselben 66
Zellkern 40, 58, 67
Zellsaft 58
Zellverschmelzung 87
Zellwand 40, 52, 59
Zoogloea termo 259
Zuckerrohr, Bau des. 251

Druck von Adolf Holzhausen in Wien
k. k. Universitäts-Buchdruckerei.